

DEBRECENI EGYETEM
ÁLLATTENYÉSZTÉSI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

Dr. Komlósi István

egyetemi tanár, az MTA doktora

Témavezetők:

Dr. Stündl László

egyetemi docens

Dr. Nagy Sándor Alex

egyetemi docens

**A SZELÉN ÉS A MAGNÉZIUM ALKALMAZÁSA A VÖRÖS
ÁRNYÉKHAL (*SCIAENOPS OCELLATUS L.*) LÁRVA- ÉS
IVADÉKNEVELÉSÉBEN**

Készítette:

Juhász Péter

doktorjelölt

Debrecen

2018

**A SZELÉN ÉS A MAGNÉZIUM ALKALMAZÁSA A VÖRÖS ÁRNYÉKHAL
(*SCIAENOPS OCELLATUS L.*) LÁRVA- ÉS IVADÉKNEVELÉSÉBEN**

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
az Állattenyésztési tudományágban

Írta: Juhász Péter okleveles környezetgazdálkodási agrármérnök

Készült a Debreceni Egyetem
Állattenyésztési Tudományok doktori iskolája
(Takarmányozás, Halbiológia doktori programja) keretében

Témavezető: Dr. Stündl László Ph.D.
Dr. Nagy Sándor Alex Ph.D

A doktori szigorlati bizottság:

Elnök: **Dr. Kovács András DSc**
Tagok: **Dr. Váradi László PhD**
Dr. Rónyai András PhD

A doktori szigorlat időpontja: 2014. szeptember 4.

Az értekezés bírálói:

név	fokozat	aláírás
.....
.....

A bírálóbizottság:

	név	fokozat	aláírás
elnök:
tagok:

titkár:

Az értekezés védésének időpontja:

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS	5
2.	CÉLKITŰZÉS.....	7
3.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	10
3.1.	A vörös árnyékhal	10
3.1.1.	A vörös árnyékhal elterjedése és morfológiája	10
3.1.2.	A vörös árnyékhal szaporodása és táplálkozása	12
3.1.3.	A vörös árnyékhal hasznosítása és akvakultúras termelési adatai.....	12
3.1.4.	A vörös árnyékhal termeléstechológiája	14
3.1.5.	A víz ionösszetételének szerepe a vörös árnyékhal nevelésében	18
3.2.	A szelén.....	20
3.2.1.	A szelén felfedezése és szerepe az élő szervezetekben	20
3.2.2.	A szelén előfordulása	22
3.2.3.	A szelén toxicitása.....	22
3.2.4.	A különböző szelénformák (szervetlen, szerves, elemi és nanoszelén)	23
3.2.5.	A szelén használata és szerepe a halak lárva- és ivadéknevelésében.....	25
3.3.	A szabad zsírsavak szerepe az antioxidáns rendszerben	27
4.	ANYAG ÉS MÓDSZER	29
4.1.	Az <i>Artemia</i> sp. dúsítása nanoszelénnel.....	29
4.1.1.	A nanoszelén- készítmény előállítása.....	29
4.1.2.	Az <i>Artemia</i> sp. nanoszelénnel való dúsítási technológiája	29
4.1.3.	A minták kémiai analízise	30
4.1.4.	Statisztikai vizsgálat.....	30
4.2.	Nanoszelénnel dúsított <i>Artemia</i> sp. vizsgálata vörös árnyékhal lárva etetési kísérletében.....	31
4.2.1.	Kísérleti beállítás.....	31
4.2.2.	Termelési paraméterek, kondíció faktor számítása	32
4.2.3.	Morfológiai vizsgálat	33
4.2.4.	Glutathion-peroxidáz enzimaktivitási vizsgálat	33
4.2.5.	Kémiai analízis	34
4.2.6.	Statisztikai vizsgálat.....	34
4.3.	Nanoszelénnel dúsított formázott takarmány etetésének vizsgálata előnevelt vörös árnyékhalakkal	35
4.3.1.	A takarmány előállítása	35
4.3.2.	Kísérleti beállítás.....	36
4.3.3.	Termelési paraméterek számítása.....	37
4.3.4.	Kémiai analízis	37
4.3.5.	Zsírsavösszetétel vizsgálat	37

4.3.6	Statisztikai vizsgálat.....	38
4.4	Magnéziummal kiegészített formázott takarmány vizsgálata vörös árnyékhal ivadékkal végzett etetési kísérletben	38
4.4.1	A kísérleti takarmány előállítása	38
4.4.2	Kísérleti beállítás.....	40
4.4.3	Termelési paraméterek számítása.....	41
4.4.4	Kémiai analízis.....	42
4.4.5	Statisztikai vizsgálat.....	42
5	EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	43
5.1	Az <i>Artemia</i> sp. szelén akkumulációja.....	43
5.2	Nanoszelénnel dúsított <i>Artemia</i> sp. etetése vörös árnyékhal lárvákkal.....	44
5.2.1	A vörös árnyékhal megmaradása, növekedési üteme (SGR)	44
5.2.2	Testtömeg (W), standard hossz (SL), kondíció faktor (K).....	45
5.2.3	Glutathion-peroxidáz enzimaktivitás	46
5.2.4	A lárvák szelén-akkumulációja	47
5.2.5	Statisztikai összefüggés a kezelések és az egyes mért paraméterek között, a lárvák optimális szelénigényének meghatározása.....	48
5.3	Formázott takarmány nanoszelén-kiegészítése	50
5.3.1	A különböző kezelésbe tartozó ivadék átlagtömegének változása, biomassza növekedés.....	51
5.3.2	Termelési paraméterek vizsgálata (S, WG, FCR, SGR).....	53
5.3.3	Szelén akkumuláció a különböző szervekben (szem, máj, izomszövet).....	54
5.3.4	Az ivadék szabad zsírsav-tartalma és zsírsav-összetétele	55
5.3.5	Az ivadék számára optimális szelén-dózis meghatározása, statisztikai összefüggés vizsgálat az egyes mutatók között.....	56
5.4	Magnéziummal kiegészített takarmány vizsgálata vörös árnyékhal ivadékkal végzett etetési kísérlet keretében	58
5.4.1	A különböző kezelésbe tartozó ivadék átlagtömegének változása, növekedése és kondíció faktora.....	59
5.4.2	Termelési paraméterek vizsgálata (S, WG, FCR, SGR).....	60
5.4.3	Magnézium és kalcium koncentráció a csontban és az izomban	62
6	KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	64
6.1.	Az <i>Artemia</i> sp. dúsítása nanoszelénnel, illetve a dúsított zooplankton alkalmazása a vörös árnyékhal lárvanevelésében.....	64
6.2.	A nanoszelén alkalmazása a vörös árnyékhal ivadéknevelésében	65
6.3.	A magnézium szerepe a vörös árnyékhal alacsony sótartalmú vízben végzett ivadéknevelésében.....	67
7	ÚJ TUDOMÁNYOS ERDMÉNYEK.....	69
8	AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI ALKALMAZHATÓSÁGA.....	71
9	ÖSSZEFOGLALÁS.....	73

10	SUMMARY	81
11	IRODALOMJEGYZÉK.....	89
12	ÁBRÁK JEGYZÉKE.....	114
13	TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE.....	115
14	MELLÉKLETEK.....	116
15	NYILATKOZATOK.....	149
	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	150

1. BEVEZETÉS

A halhús iránti kereslet világszinten folyamatosan növekszik, azonban ezt a tengerek és édesvizek túlhalászat következtében drasztikusan csökkenő halállománya már képtelen kielégíteni. E helyzet megoldására kizárólag a dinamikusan fejlődő akvakultúra képes, melyet jól mutat az a tény, hogy az összes haltermelésben az akvakultúra évről évre nagyobb részarányt képvisel. Egyre nagyobb figyelmet kapnak az intenzív haltermelő rendszerek, ahol a fő cél az, hogy egységnyi víztérfogatban a lehető legnagyobb mennyiségű halhúst állítsák elő. A termelők e rendszerek számára folyamatosan keresik azokat a halfajokat, melyek nagy biztonsággal és jó hatékonysággal nevelhetők.

Az utóbbi 15-20 évben az Európai Unió haltermelése lényegesen nem növekedett, melyet az EU azzal kíván megváltoztatni, hogy a 2014-2020-as tervezési időszakban kiemelten kívánja támogatni az akvakultúra – beleértve az édesvizit is – fejlesztését. A 2010-2030 közötti édesvízi haltermelésből származó termelésnövekedést az Európai Akvakultúra Technológiai és Innovációs Platform (EATiP) 2012-ben megjelent „*Az Európai akvakultúra jövője*” című kiadványában 41 %-osra becsüli, mely elérésében kedvező adottságainak köszönhetően Magyarországnak is jelentős szerepe lehet.

Magyarországon a haltermelés főként extenzív tógazdaságokban, három éves üzemformában zajlik. Az elmúlt években a hazánkban előállított hal mennyisége nem emelkedett jelentősen, 2016. évben halastó művelési ágban 26 480 hektáron zajlott haltermelés. A tógazdaságok és intenzív haltermelő üzemek bruttó haltermelése együttesen 23 499 tonna volt, melyből 16 248 tonna volt az étkezési hal (AKI, 2017). Az elmúlt éveket szemlélve az étkezési (piaci) halak előállításában ponty dominancia mutatkozik, amely visszavezethető a hazai fogyasztási szokásokhoz. Azonban az intenzív haltermelés egyre nagyobb szerepet kap a tógazdasági mellett, az ilyen rendszerekben előállított étkezési hal mennyisége 3233 tonna volt 2016-ban (AKI, 2017), mely 5,86 %-os növekedést mutat az előző évhez képest.

Az EU akvakultúrás termelésnövekedéséhez Magyarország is nagyban hozzájárulhat. A 2014-2020-as időszakra szóló *Nemzeti Akvakultúra Stratégiai Terv* (2015) 2023-ig 25%-ban határozza meg a magyar haltermelés növekedését, ami magasabb az EATiP (2012) Európára becsült prognózisánál. E kapacitásnövekedés egyik pilléréként a dokumentum az új, intenzív rendszerű haltermelő üzemek létesítését jelöli meg. Ezekben a zárt telepeken vízköbméterenként akár 40-50 kg hal is előállítható, mely 6-8 hónap alatt éri el az étkezési méretet. Ahhoz, hogy a nagy beruházási költség-igényű halfarmokat gazdaságosan lehessen üzemeltetni, olyan fajokat kell bennük nevelni, melyek viszonylag magas értékesítési árral és

nagy felvevőpiaccal rendelkeznek. E telepek jelenthetik az egyik kitörési pontot a hazai akvakultúra számára.

Az európai haltermelésben az utóbbi években számos próbálkozás történt egzotikus származású, nagy gazdasági potenciállal rendelkező halfajok (nílusi tilápia, barramundi, hibrid csíkos sügér stb.) termelésének meghonosítására. Figyelembe véve hazánk jelentős termásvíz-kincsét, a nagy sótartalmú felszín alatti vizek kiválóan alkalmasak lehetnek az exportpiacon is értékesíthető tengeri, vagy brakkvízi halfajok termelésére is, melyek ellensúlyozhatják az extenzív halastavakban előállított őshonos halfajok jelenlegi dominanciáját. A vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus* L.) a fenti kritériumoknak megfelelő faj, amelyet a tenyésztési és takarmányozási technológiájának kidolgozása hozzásegítheti a hazai termelésben való megjelenéséhez.

2. CÉLKITŰZÉS

A vörös árnyékhal tenger nélküli országokban való termelésénél problémát jelent a faj sajátos szaporodásbiológiája, mivel a reprodukcióhoz tengervízre van szüksége. További nehezítő tényező, hogy a faj életének egy bizonyos szakaszát sós, másik szakaszát pedig félsós vízben tölti. A sótartalom változásának modellezését igen nehéz zárt körülmények között kivitelezni, ezért az anyahalak tartása nehézkes, takarmányozási és szaporodásbiológiai szempontból pedig költséges. Előzőek alapján egyes termelők import útján szerzik be a hízalási alapanyagot (0,5-0,6 g-os előnevelt ivadék, vagy 0,1 g-os lárva), melynek viszont a légi szállítási költségei rendkívül magasak. Ez csökkenthető, ha az árnyékhalak beszerzése a lehető legkisebb méretben (lárva, vagy zsenge ivadék) történik, mivel így az egységnyi víztömegben nagyobb mennyiségű hal szállítható.

A zsenge ivadék beszerzése esetén egy újabb problémával szembesül a termelő, mégpedig a levegőt vett lárva előnevelésével. Amíg az előnevelt halnál már egy keveréktakarmányt fogyasztó állományról beszélhetünk, addig a zsenge halnál mindenképpen élő eleséget kell biztosítani azok számára. A doktori kutatás elsődleges célja egy olyan technológia kidolgozása volt, amellyel a zsenge ivadék előnevelése nagy biztonsággal kivitelezhető. A halak lárva korban a legérzékenyebbek, így szükséges lehet speciálisan dúsított élőeleség, illetve később (előnevelt ivadék) biológiailag aktív anyagokkal gazdagított formázott takarmány etetésére a gazdaságilag kulcsfontosságú jó megmaradás eléréséhez. A vizsgálataim során céлом volt egy viszonylag egyszerűen előállítható, a halak egészségére, illetve termelési paramétereire pozitívan ható dúsított élőeleség és takarmány-adalék kifejlesztése, melyekkel a magyarországi körülmények között (is) biztonságosabbá tehető a vörös árnyékhal nevelése.

A gazdasági célból tartott állatok takarmányozásában általánosan elfogadott az élelem szelénnel való kiegészítése. A halak intenzív nevelésében használt keveréktakarmányok is tartalmazzak szelént, az antioxidáns szerepe és esszenciális mivolta miatt. A halak ivadéknevelésénél rendkívül fontos szempont az elhullás alacsonyan tartása. Erre megoldást nyújthat az élő- és granulált eleség szelénnel történő kiegészítése, mivel az így felvett nyomelem elősegítheti a halak egészségének fenntartását és nagyban hozzájárulhat a kedvező növekedéshez.

A doktori kutatásom során fő céлом a halak ivadékneveléséhez használt élelem (*Artemia* sp. és száraz keveréktakarmány) szelénnel való kiegészítésének kidolgozása, illetve az így dúsított takarmány a vörös árnyékhal lárvák és ivadék termelési paramétereire gyakorolt hatásának vizsgálata volt.

A szelén az a mikroelem, melynél a legkisebb a határ annak esszenciális és toxikus mivolta között, azonban a kutatások szerint a különböző szelénformák nem egyformán toxikusak az élő szervezetek számára. A Debreceni Egyetem egyik kutatócsoportja egy merőben új eljárással állít elő nanoméretű (60-80 nm) elemi szelént, melynek az eddig használt szelénformáknál kisebb toxikus hatását már több állatkísérletben bizonyították. Előzőek alapján fontosnak tartottam azt is, hogy a kutatás során kitérjek a nanoszelén toxikus hatásának vizsgálatára is.

A kísérletek során azzal a ténnyel szembesültem, hogy a rendszervíz magnézium tartalma (pontosabban a magnézium kalciumhoz viszonyított aránya) nem felel meg az árnyékhal igényének, így a megfelelő egészségi állapot fenntartásához folyamatos magnézium utánpótlásra volt szükség, melyet kristályos magnézium-klorid vízbe oldásával végeztem. Ezt a megoldást meglehetősen költségesnek és kissé nehézkesnek találtam, ezért a kutatás célja volt annak megállapítása is, hogy az árnyékhal ivadék magnézium szükséglete kielégíthető-e a takarmány magnézium kiegészítésével.

Az egyes kísérletek részletes célkitűzéseit az alábbi kérdések szerint határoztam meg.

1. Az *Artemia* sp. szelénrel való dúsításánál a következő kérdésekre kerestem a választ.

- *Lehetséges-e az élőleleség dúsítása nanoszelénnel?*
- *Amennyiben igen, képes-e toxikus mennyiségben felhalmozódni a nanoszelén az *Artemia* sp.-ben?*
- *Van-e különbség a zooplanktonban bioakkumulált nanoszelén mennyiségében a különböző koncentrációjú dúsítások között?*

2. A nanoszelénnel dúsított *Artemia* sp. vizsgálata vörös árnyékhal lárvákkal végzett etetési kísérletben a következő kérdésekre kerestem a választ.

- *A nanoszelénnel dúsított zooplankton etetése milyen hatást fejt ki a lárvák megmaradására és a specifikus növekedési ütemére (SGR)?*
- *Az etetés hatására változik-e a lárvák testhossza (SL), testtömege és kondíció faktora (K)?*
- *A nanoszelén hatással van-e a lárvák glutation-peroxidáz enzim (GsH-Px) aktivitására?*
- *A lárvákban változik-e az akkumulált szelén mennyisége a dúsított zooplankton fogyasztásának hatására?*

- *Az Artemia sp.-ben lévő nanoszelén képes-e bizonyos koncentráció felett toxikus hatást kifejteni a lárvákra?*
- *Mi az élőleség optimális szeléntartalma a mesterséges körülmények között nevelt vörös árnyékhal lárvák számára?*

3. A nanoszelénnel kiegészített formázott takarmánnyal végzett etetési kísérletben a következő kérdésekre kerestem a választ.

- *A szelénnel kiegészített keveréktakarmány milyen hatást gyakorol az ivadék túlélésére (S), növekedésére és termelési paramétereire (SGR, FCR, WG)?*
- *Hogyan változik meg a halak bizonyos szerveinek (szem, máj, hús) a szeléntartalma?*
- *Hogyan változik az ivadék összes szabadzsírsav-tartalma és zsírsavösszetétele (összes $\omega 3$ zsírsav, összes $\omega 6$ zsírsav)?*
- *A takarmány mekkora szeléntartalma fejt ki toxikus hatást az előnevelt ivadéokra?*
- *Mi a mesterségesen nevelt vörös árnyékhal ivadék szelénszükséglete?*

4. Saját gyártású, magnéziummal kiegészített haltakarmány etetési kísérletben való vizsgálata során a következő kérdésekre kerestem a választ.

- *A saját gyártású, magnéziummal kiegészített keveréktakarmány milyen hatást gyakorol az ivadék túlélésére (S), növekedésére, kondíciófaktorára (K) és termelési paramétereire (SGR, FCR, WG)?*
- *Képes -e a vörös árnyékhal ivadék, a számukra hiányzó magnéziumot a víz mellett a takarmányból fedezni?*
- *A kísérlet során megváltozott-e a halak hújának és csontjának a Mg és Ca tartalma?*

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A vörös árnyékhal

3.1.1. A vörös árnyékhal elterjedése és morfológiája

A vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus*, Linnaeus 1766) a Sciaenidae családba tartozó sügérféle (ROUNSFELL, 1975), tág só tűrésű halfaj (NEILL, 1990; WURTS, 1987). Elterjedési területe az Atlanti-óceán Közép-Mexikótól Massachusettsig terjedő partvidéke (DAVIS, 1991a; MURPHY és TAYLOR, 1990), jelentős állománya található a Mexikói-öbölben, illetve Florida partjainak is jellegzetes hala (REAGAN, 1985) (1. kép).



1. kép: A vörös árnyékhal elterjedési területe (forrás: Internet 1.)

A vörös árnyékhalak ivadék korban a mocsaras, vízínövényvel sűrűn benőtt torkolati, illetve partközeli területeken élnek, melyek kellő fedezéket nyújtanak számukra (WENNER, 1992; ROOKER et al., 1998; STUNZ et al., 1999; STUNZ és MINELLO, 2001), míg a kifejlett egyedek az év nagy részében a nyílt vizet részesítik előnyben (BECKMAN et al., 1988; MURPHY és TAYLOR, 1990) és - az ívási időszakot kivéve - az életüket a kontinentális talapzat mentén töltik.

Az ősz beköszöntével az ivarérett vörös árnyékhalak a tengerbe futó vízfolyások torkolatánál gyülekeznek az íváshoz készülődve (OVERSTREET, 1983), mely a kontinentális talapzat mentén (PERRET et al., 1980), torkolatokban és brakkvízű lagúnákban egyaránt történhet

(PEARSON 1928; SIMMONS és BREUER 1962; JOHNSON 1978; YOKEL, 1966), mely a vörös árnyékhal ívóterületbeli rugalmasságát mutatja (HOLT et al., 1985). A szaporodást követően a felnőtt egyedek a part menti területekről visszatérnek a nyílt vízi élőhelyükre.

A vörös árnyékhal teste hosszúkás, háta kissé ívelt, a fej felé lejt (CHAO, 1977). A kifejlett egyedek színe általában barna, rézvörös, vagy fehéres. Meglehetősen nagy, tompa orra van, szája alsó állású, melyben számos apró fog található. Bajsza nincs, mely segít megkülönböztetni a vele közeli rokonságban álló fekete árnyékhaltól (*Pogonias cromis*). Hátúszója két részből áll, az elsőt 11 kemény úszósugár merevíti, a másodikban egy kemény túske és 23-25 lágy sugár található, farokúszója enyhén homorú (PEARSON, 1928), az oldalvonala mentén 45-50 pikkely helyezkedik el (HOESE és MOORE, 1977). Az oldalán, illetve a faroknyelén gyakran egy vagy több nagy fekete pötty található (HILDEBRAND és SCHROEDER, 1928; HOESE és MOORE, 1977), melyek valószínűleg a ragadozók megtévesztésére szolgálnak (2. kép). A vörös árnyékhal az angol elnevezését (*red drum*) a hímek által ívási időszakban kibocsájtott, dobolásszerű hang után kapta (GUEST és LASSWELL, 1978; DAVIS, 1991a), melyet a hal egy speciális izom az úszóhólyaghoz való dörzsölésével képez.



2. kép: Kifejlett vörös árnyékhal (Fotó: Juhász Péter)

3.1.2. A vörös árnyékhal szaporodása és táplálkozása

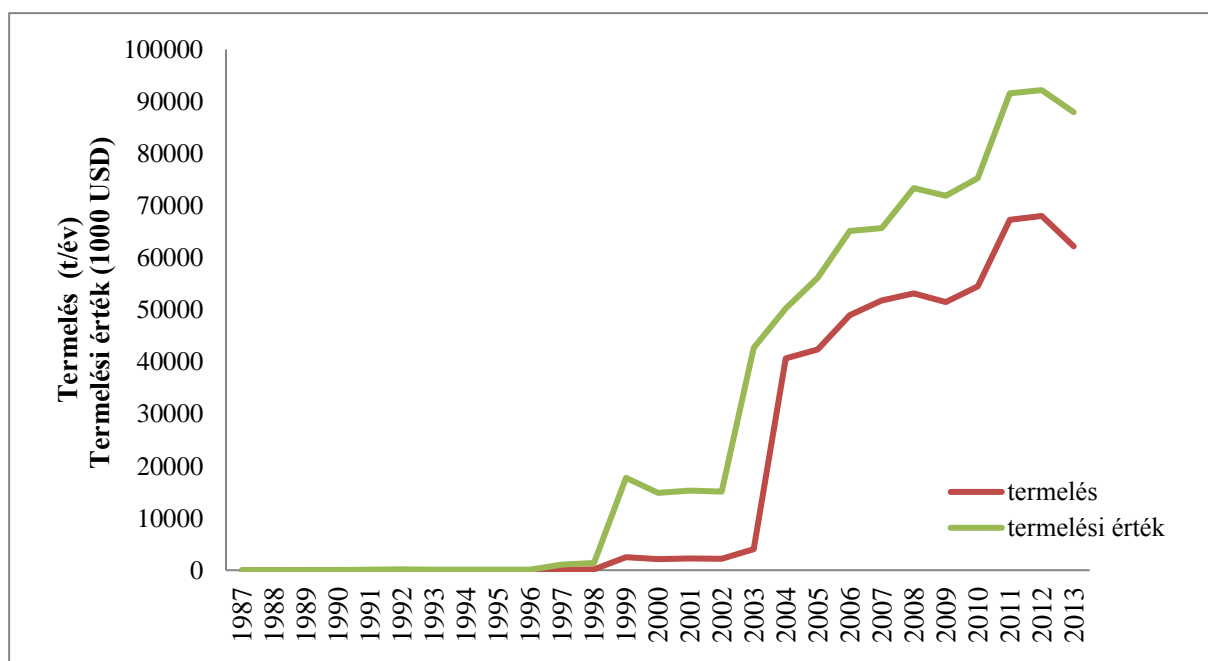
Az árnyékhal 3-5 éves korban válik ivaréretté (MURPHY és TAYLOR, 1990). A faj szaporodási időszaka a Mexikói-öböl partmenti sekély vizeiben augusztus közepétől tél közepéig tart (ROOKER és HOLT, 1997). A floridai-félsziget nyugati partjainál az ívás szeptemberben kezdődik, a csúcsa októberben van (YOKEL, 1966), míg Alabama partvidékén a szaporodás augusztus közepén kezdődik, az ívás csúcsa szeptember közepétől egészen decemberig tart (PERRET et al., 1980). A lerakott ikrákat és a már kikelt lárvákat az áramlatok a folyótorkolatokhoz szállítják, melyek növényzettel sűrűn benőtt vizében fejlődik tovább az ivadék. Az ikrák kelési ideje vízhőmérséklettől függően 18-25 óra, ezt követően a lárvák szikzacskója 2-3 nap alatt szívódik fel (JOHNSON et al., 1977; DAVIS, 1991a). A lárvák zooplanktonot fogyasztanak, míg az ivadék kisméretű vízi gerinctelenekkel és más halak ivadékaival is táplálkoznak (BASS és AVAULT, 1975; MATLOCK, 1990). A fiatal felnőtt és az ivarérett egyedek ragadozók, táplálékukat a teljes vízoszlopban keresik, azonban előnyben részesítik a mederfenék közelében fellelhető állatokat (DAVIS, 1991a). Az étrendjük legnagyobb része garnéla- és tarisznyarákokat, illetve halakat tartalmaz (BOOTHBY és AVAULT, 1971; OVERSTREET és HEARD, 1978; WENNER, 1992; LLANSO et al., 1998; SCHARF és SCHLIGHT, 2000), habár YOKEL (1966) szerint a teljesen kifejlett egyedek legszívesebben halakat fogyasztanak.

3.1.3 A vörös árnyékhal hasznosítása és akvakultúrás termelési adatai

A vörös árnyékhal soha sem játszott igazán komoly szerepet az Atlanti-partvidék kereskedelmi halászatában, a kirakodott hal kis részét tette ki a faj (ASMFC, 1999), a kilencvenes évek óta e hasznosítási formája teljesen elhanyagolható (RDMP, 2002). Míg a kereskedelmi fogások az 1950-es évek szintjén maradtak, a rekreációs hasznosítása jelentősen emelkedett az 1980-as évektől az USA dél-keleti partvidékén (ASMFC, 1999). E területen a sporthorgászok által legkedveltebb öt célhal között található a vörös árnyékhal (PAFFORD és NICHOLSON, 1989).

A rekreációs halászat nagy értékű üzletág az Egyesült Államokban, az ország gazdaságának közvetlenül mintegy 125 milliárd dolláros bevétele származik belőle, melyből 5,4 milliárd képződik csak a Mexikói-öbölben (DOI, 2008). Az itt honos, partmentközeli előforduló Scianidaeae családba tartozó pettyes tengeri pisztráng és a vörös árnyékhal igen jelentős gazdasági szerepet tölt be a terület partmenti közösségei számára, hiszen DOI (2008) szerint a helyi és a vendég-horgászok a térségben töltött 15 millió horgásznapi több mint kétharmadában e fajokat veszik célba. A terület gazdasági bevétele – a kiegészítő szolgáltatásokat is

figyelembe véve – az 530 millió dollárt is meghaladja. Jelenleg a rekreációs hasznosítás fogási korlátozásokkal (alsó és felső mérethatár, napi kvóta) szabályozott keretek között történik, ugyanis az 1980-as években történt túlhasznosítás következtében a vörös árnyékhal állományának igen gyors kimerülését eredményezték, minek következtében a fogások jelentősen visszaestek. A tudományos kutatások bebizonyították, hogy a horgászattal leginkább a fiatal felnőtt állomány kerül kifogásra, így kevés hal éri el az ivarérett kort, mely csökkenti az ivási hatékonyságot (VAUGHAN, 1996; MURPHY és CRABTREE, 2001). A hatóságok ezt felismerve 1981 szeptemberében átfogó halgazdálkodási tervet dolgoztak ki a fajra, és a rekreációs hasznosítás jelentős korlátozása mellett a kereskedelmi halászatot teljesen betiltották (MATLOCK, 1984). A természetes populáció megerősítése és növelése céljából az illetékes hatóság (*Texas Parks and Wildlife Department*) kezdeményezésére megindult a vörös árnyékhal mesterséges szaporítása és telepítése a Mexikói-öbölben (MCEACHRON et al., 1995, SERAFY et al., 1999). A beavatkozás keretében évente összesen 20-30 millió db előnevelt ivadékot bocsájtottak ki a Texasi-öböl több, arra alkalmas területén (RUTLEDGE és MATLOCK, 1986; MCEACHRON et al., 1998; VEGA et al., 2003). A célzott állománynövelő intézkedések hatására a vörös árnyékhal populációja a Texasi-öbölben növekedésnek indult (MCEACHRON et al., 1993) és mára stabilizálódott (VEGA et al., 2011).



1. ábra: A vörös árnyékhal akvakultúrás termelése (forrás: FAO FishStat, 2016)

A faj termelésével az 1980-as évek elején kezdtek el foglalkozni, de az így előállított hal mennyisége sokáig stagnált. A látványos változás 1999-ben kezdődött, amikor az előző évhez képest (148 t) nagyságrendi emelkedés következett be termelésében (2503 t). Az igazi robbanás 2004-ben történt (*1. ábra*), ekkor az akvakultúrában előállított vörös árnyékhal meghaladta a 40 ezer tonnát (FAO FishStat, 2016). Az utolsó rendelkezésre álló teremlési adat 2013-ból származik, mely évben 62 197 tonnát állítottak elő a fajból, 87 968 ezer dollár értékben (FAO FishStat, 2016).

A legjelentősebb termelők USA és Kína (FAO FishStat, 2016) mellett a Kis-Antillákhoz tartozó szigetek (Martinique, Guadeloupe), de foglalkoznak a fajjal Izraelben is, ahol termálvízben tartják (APPELBAUM, 2011). A Karib-térségben 1985-ben vezették be a teremlésbe (SOLETCHNIK et al., 1988; SOLETCHNIK et al., 1991), de napjainkban a legtöbb vörös árnyékhalat Kínában állítják elő (FAO FishStat, 2016). Ott tengeri ketrecekben nevelik (HONG és ZHANG, 2003; HOLT, 2005), melyekben nagy mennyiségben állítják elő az ivadékot és az étkezési méretű halat is (CHEN et al., 1999; LOU, 2000).

3.1.4 A vörös árnyékhal termeléstecnológiája

A vörös árnyékhal rendelkezik mindazon jellemvonásokkal, melyek alkalmassá teszik az intenzív akvakultúrában való sikeres alkalmazásra (WURTS és STICKNEY, 1993). Termelésbe vonására az 1970-es évek közepén történtek az első próbálkozások, amikor a természetben fogott egyedeket laboratóriumi körülmények között készítették szaporodásra a fotoperiódus, illetve a vízhőmérséklet változtatása által (ARNOLD et al., 1979). Ebben az időszakban kezdődött a lárvanvelési technológiájának fejlesztése is (HOLT et al., 1981). A faj akvakultúrási termelése azonban csak az 1990-es évek végén került az érdeklődés középpontjába, amikor a meggyengült természetes populációt akarták a mesterségesen termelt egyedekkel megerősíteni (CALDWELL és CARR, 2000). Ettől az időszaktól kezdve gyors fejlődésnek indult az árnyékhal termeléstecnológiája.

A vörös árnyékhal mesterséges szaporításához leggyakrabban ivarérett, vadon befogott egyedeket használnak, melyekből anyaállományt alakítanak ki. Ezeket az egyedeket szoktatás céljából 6 héttől 6 hónapig tartják megfelelő körülmények között a szaporítás megkezdése előtt (DAVIS, 1991b). A sikeres szaporítás szempontjából a vízhőmérséklet és a fotoperiódus a két legfontosabb környezeti faktor, melyek mesterséges megváltoztatásával az ivarszervek fejlődése elősegíthető, illetve az ívás indukálható (LAZO et al., 2010). A természetes körülményeket utánozva, közel fél éven keresztül napi 12-13 óra megvilágítás mellett 24-28 °C-os vízben tartják a halakat. Az ívatáshoz általában 4-6 anyahalat helyeznek egy kádba

1:1-es ivararányban, majd a megtermékenyített lebegő ikrákat hálóval leszűrik és inkubálják (ARNOLD, 1988). Egy anya általában 100-150 ezer db ikrát ad le (ARNOLD, 1988). A törzsállományt szaporodási időszakon kívül fagyasztott rákokkal és halakkal etetik (DAVIS, 1991b), de megfelelő erre a célra a pelletált keveréktakarmány is. Ezzel szemben Kínában, a „természetközeli” körülmények biztosítása mellett vagy helyett az ivari érést és az ivartermékek leadását hormonális indukcióval idézik elő (LIU és MAO, 1999).

Az ikrafeljődési idő elsősorban a vízhőmérséklet függvénye, általában 24 órán belül megtörténik a lárvák kikelése (HOLT, 1993), a termékenyült ikrák 90-95 %-a rendszerint sikeresen kifejlődik (DAVIS, 1991b). A lárvák szikzacskója 48-72 óra alatt szívódik fel. A lárvák az első 10 napban kerekesszerűekkel táplálkoznak, de a kelés utáni 7-10 napon már az *Artemia* sp.-t is képesek elfogyasztani (HOLT, 1993).

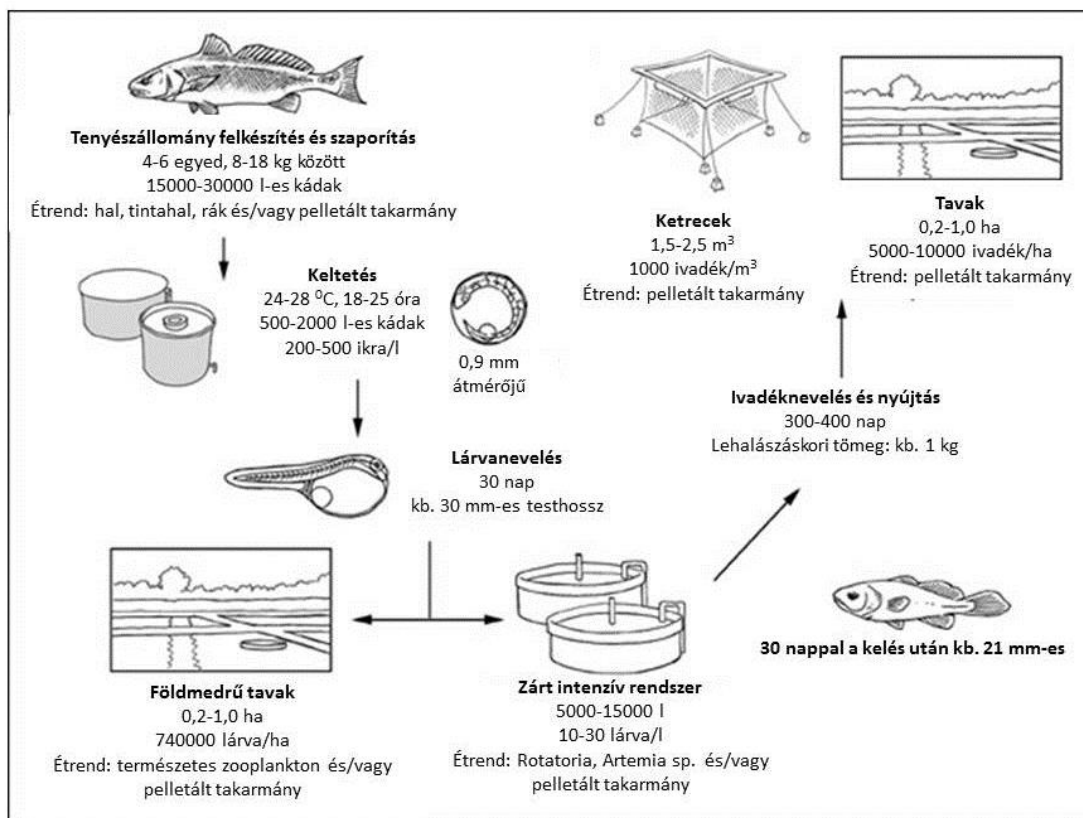
Az ivadéknevelés időszaka, azon belül is a táplálkozást megkezdő zsenge lárvák nevelése jelenti a legnagyobb kihívást az intenzív haltermelés számára. Ezek a halak a mesterséges mikrotáppal szemben előnyben részesítik az élőleleséget (zooplankton), mely fogyasztása sokkal kedvezőbb számukra, hiszen az emésztőrendszerük igen gyenge enzimatikus aktivitása nem kifejezetten alkalmas a száraz, nagy beltartalmi értékű keveréktakarmány feldolgozására (PEDERSEN és HJELMELAND, 1988). Ebből következően, még a modern, intenzív akvakultúrában is jelentős szerepet kap az *Artemia* sp. és a rotatoria (pl. *Brachionus plicatilis*) használata, melyek beltartalmi értékének ismerete igen fontos a lárvák megfelelő fejlődésének elérése, illetve az elhullás alacsonyan tartása szempontjából (SHIELDS et al., 1999). A figyelem középpontjában elsősorban a zooplankton lipid tartalma, zsírsavösszetétele és vitamintartalma áll (COUTTEAU és SORGELOOS, 1997), a mikro- és makroelem-tartalmuknak jelentősen kisebb figyelmet fordítottak eddig a kutatók (HAMRE et al., 2008a). Több forrás is leírja, hogy a tengeri fajok intenzív lárvanevelésénél használt mesterségesen keltetett zooplankton – a jobb megmaradás érdekében – érdemes többszörösen telítetlen zsírsavakkal dúsítani (WATANABE et al., 1983; LEGER et al., 1986; LEGER et al., 1987). Az eljárás pozitív hatását az árnyékhal lárvanevelésében BRINKMEYER és HOLT (1998) is bizonyította, azonban a fajnál a mikroelemekkel dúsított élőleleség használatáról nem áll rendelkezésre adat. LAZO et al. (2000; 2002) kutatásai szerint a vörös árnyékhal lárvanevelésében a zooplankton teljesen kiváltható mikropellettel is.

A természetben található zooplankton beltartalmi értéke és ásványi anyag-tartalma jelentősen meghaladja a mesterségesen keltetettét (HAMRE et al., 2002), melyet már számos szerző bizonyított különböző halfajok lárváival végzett etetési kísérletekben (BUSCH et al., 2010, 2011; KOEDIJK et al., 2010; PAYNE et al., 2001; SCHIPP, 2006). Az élőleleségek közül a

legnagyobb különbség az evezőlábú rákok és a kerekeshégek között található (NORDGREEN et al., 2013), melyek közel 30-szor kevesebb szelént tartalmaznak az előbbinél, ezáltal a rotatoria dúsítás nélkül nem alkalmas a tengeri hal lárvák mikroelem-igényének maradéktalan kielégítésére (HAMRE et al. 2008b). Azonban MERCHIE (1996) szerint az *Artemia* sp. sem tartalmaz minden esetben kielégítő mennyiségű szelént, ráadásul a beltartalmi értékei a földrajzi származásától is függenek (LÉGER et al., 1968). A tengerben lévő *Artemia* sp. szervezetébe elsősorban a tengervízből kerülnek be a mikroelemek, melyekben az édesvíz jóval szegényebb, így a mesterségesen keltetett sórák esetében külső forrásból nem, vagy csak nagyon kis mértékben akumulálódnak a mikroelemek. Előzőektől függetlenül jelenleg nem áll rendelkezésre olyan szakirodalom, melyben az *Artemia* sp. szelénrel való dúsítását vizsgálták, illetve a dúsított sórákot etetési kísérletben tesztelték. Az *Artemia* sp.-el szemben a szelénrel gazdagított rotatoriát már számos etetési kísérletben vizsgálták. HAMRE et al. (2008a) atlanti tőkehallal (*Gadus morhua* L.) végzett kísérletükben, a 7 mg/l nátrium-szelenittel és 400 mg/l nátrium jodiddal dúsított kerekeshéget fogyasztó csoportban 32 %-al jobb megmaradást ért el a kontrollhoz képest, azonban a tőkehal lárvák növekedésében gyenge csökkenést tapasztaltak. Ezzel szemben RIBEIRO et al. (2012) szenegáli nyelvhallal (*Solea senegalensis*), illetve LIN és SHIAU (2005) malabári csíkos sügér (*Epinephelus malabaricus*) ivadékkal végzett kísérletükbenben nem talált statisztikai különbséget a túlélésben a szelénrel dúsított zooplanktonot fogyasztó halaknál. KIM et al. (2014) kísérletükben határozott javulást tapasztalt a 2,2 mg/kg (sz.a.) szelénrel dúsított kerekeshéggel etetett vörös tengeri keszegnél (*Pagrus major*).

A vörös árnyékhal lárvákat általában zárt recirkulációs rendszerekben nevelik, 10-30 db/l egyedsűrűséggel (HOLT és ARNOLD, 1983), 27 °C-os, 28-30 ppt sótartalmú vízben (HOLT et al., 1981). Ebben az időszakban a halak növekedése gyors, az előnevelt ivadék méretet kevesebb, mint egy hónap alatt eléri (LAZO et al., 2010). A megmaradás általában 50 % feletti (SOLETCHNIK et al., 1990; LAZO et al., 2010), de egyes források csak 5-10 %-os túlélésről számolnak be (HOLT et al., 1987).

Ezt követően az ivadéknevelés rendszerint vegyszeres planktonszelekcióval előkészített földmedrű tavakban történik, ahol a növekedéshez az irányított természetes planktonhozamot használják ki (COLURA et al., 1990; HOLT, 2005). A tavak általában 0,5-2 hektár méretűek és 3-4 láb mélyek. A víz sótartalma 10-45 ppt között változhat, a 30 ppt optimálisnak tekinthető. Az előnevelés végén az ivadékot rászoktatják a pelletált takarmányra (DAVIS, 1991c) (2. ábra).



2. ábra: A vörös árnyékhal ivadéknevelésének folyamatábrája (forrás: Internet 2. alapján)

A nyújtást és az étkezési hal nevelést egy menetben, földmedrű tavakban, átfolyóvizes rendszerekben, vagy hálós ketrecekben történik (MILLER, 1995), de egyes helyeken recirkulációs rendszereket is használnak erre a célra (GATLIN, 2000). A tavak általában 10 hektárosak (DAVIS, 1991d), a népesítési sűrűség $0,5-2,2 \text{ kg/m}^2$ között változik (THACKER et al., 1991). Az étkezési hal tavi nevelésénél az átteleltetés jelenti a legnagyobb nehézséget, ugyanis a vörös árnyékhal az alacsony vízhőmérsékletre igen érzékeny, amennyiben a vízhőmérséklet $10 \text{ }^\circ\text{C}$ alá süllyed, jelentős elhullás következik be (CRAIG et al., 1995). Az átteleléskor jelentkező problémák kiküszöbölésére számos technika létezik, melyek segítségével nagyban javítható a halak megmaradása (DAVIS, 1991e; GATLIN, 2000). Az észak-amerikai gyakorlattal szemben Izraelben az ivadéknevelést követően végig recirkulációs rendszerekben, termálvizet használva tartják a vörös árnyékhalat (APPELBAUM, 2011). A faj magyarországi lehetséges termelésbevonása kapcsán erre a technikára FELEDI et al. (2011) is rámuttott.

Az étkezési hal előállításakor a takarmányozás 35-45% közötti fehérje- és 7-11% közötti zsírtartalmú pellettel történik, melyből a napi adagok a halak méretétől függően a biomassza 2-7%-ában kerülnek meghatározásra (GATLIN, 2002).

Észak-Amerikában a piaci méret 1,5-2 kg, melyet – vízhőmérséklettől függően – 12-18 hónap alatt ér el a hal. A legjobb növekedést 28 °C-os vízben produkálja a vörös árnyékhal (NEIL, 1987), végig ilyen hőmérsékletű vízben tartva optimális esetben kevesebb, mint 12 hónap is elég lehet a lehalászási méret eléréséhez. A halak értékesítése történhet egyben, bontva jégágyon, de a nagyobbakat rendszerint feldolgozzák és csak a filét hozzák kereskedelmi forgalomba (LAZO et al., 2010).

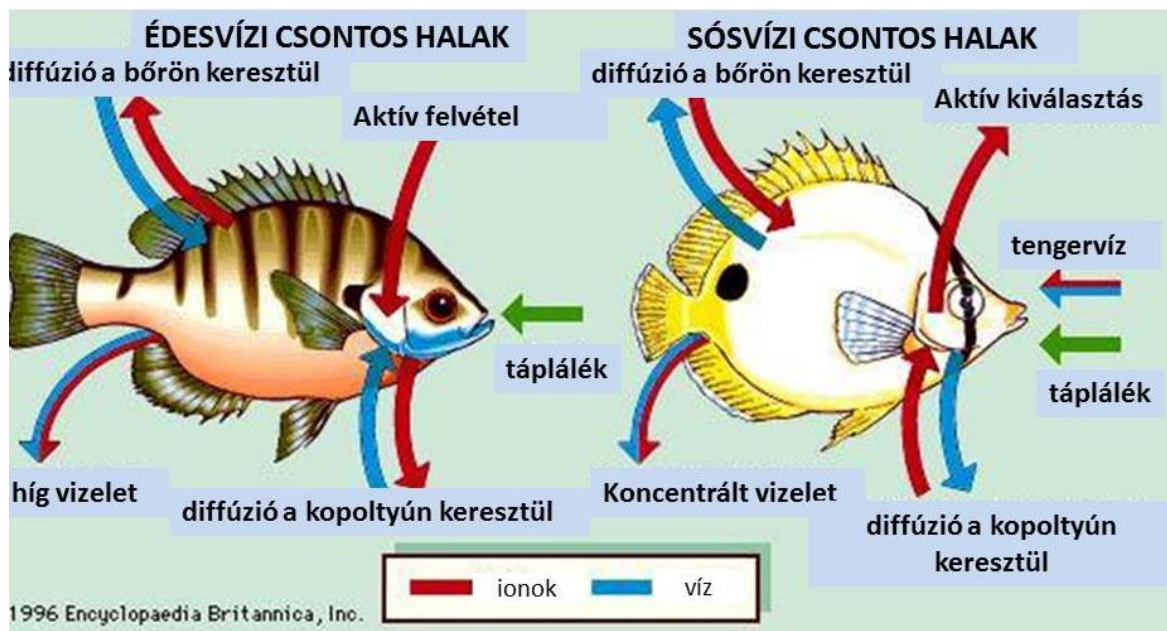
3.1.5 A víz ionösszetételének szerepe a vörös árnyékhal nevelésében

A tág só-tűrésű halak három csoportba oszthatóak, a valódi eurihalin, a katadrom és az anadrom fajokra (WURTS, 1987). A vörös árnyékhal a legelső csoportba tartozik, ugyanis a víz só-tartalmát tág határok között képes elviselni (NEIL, 1990), ezért szemben a sztenohalin fajokkal édesvízben és tengervízben egyaránt képes életben maradni (WURTS, 1987). Előfordulását feljegyezték már 0,8 és 45 ppt közötti vízben is (GUNTER 1945; KILBY 1955; TABB és MANNING 1961). A tág só-tűrése miatt számos belföldi vízteszbe telepítetik (víztározók, erőművek hűtőtavai stb.), ahol kedvező növekedést mutat (BEARDEN, 1967; LUEBKE és STRAWN, 1973). NEILL (1987) szerint az árnyékhal édesvízben történő nevelésénél nagy szerepe van a vízkeménységnek, mivel csak 100 mg/l össz oldott ion-koncentráció feletti vízben tartható sikeresen a faj. A víz alacsony só-tartalmával szembeni ellenállóképessége az árnyékhal fejlődésével nő, az ivadék előnevelése már 4 ppt-s vízben is sikeresen végezhető, ezért kijelenthető, hogy a só-toleranciája korfüggő (CROCKER et al., 1981).

A tengeri folyótorkolatok környékén az édes és sós víz keveredése miatt rendszeresen megváltoznak a víz fizikai és kémiai paraméterei, mely körülményekhez folyamatosan alkalmazkodnia kell az ott élő halaknak. A széles skálán változó só-tartalom ellenére az ozmoregulációnak köszönhetően az eurihalin fajok képesek relatív állandóan fenntartani a vérplazma, illetve a szövetek oldott ion-koncentrációját (HOLMES és DONALDSON, 1969). Amennyiben a víz só-tartalma nagyobb mértékben változik meg, mint amit a hal tolerálni képes, a vérplazma ozmolaritása megváltozik és ozmotikus stressz alakul ki, mely a végső esetben halálhoz vezethet.

Az édesvízi halak ozmoregulációja eltérő a tengeri halakétól, mivel azok hipotóniás közegekben élnek, így a bőrön és a kopoltyún keresztül is nagymennyiségű víz áramlik a szervezetükbe (3. kép). A tengeri halakkal ellentétben nem isznak vizet, de így is jelentős mennyiségű hipotóniás vizeletet adnak le, melyet az igen jól fejlett veséjük választ ki (BAKONYI et al., 1995). Az eurihalin halak veséje az édesvízi halakéhoz hasonló, hiszen

károsodás nélkül kell elviselniük a víz alacsony és magas sótartalmát is (WURTS, 1987), azonban a funkciója, illetve a szerkezete változhat a környező víz sótartalmától függően (FORD, 1958).



3. kép: Az édes- és sósvízi halak ozmoregulációja (forrás: Internet 3. alapján)

Az össz-víz keménység legfontosabb forrásai az oldott kalcium és magnézium vegyületek. Az összkeménység azonban nem hordoz információt arról, hogy ezen ionok mennyisége hogyan viszonyul egymáshoz, mely szintén rendkívül fontos tényező a vörös árnyékhal túlélése szempontjából (WURTS, 1987). Különböző kutatások szerint a víz magas kalcium és magnézium tartalma számos tengeri, illetve tág sóútérésű fajnál javította az édesvízben az ikrakelést, illetve a túlélést (BROWN és LYNAM, 1981; LEE és HU, 1983; LEE és KRISHNAN, 1985). CROCKER et al. (1983) megfigyelte, hogy a vörös árnyékhal ivadék vérének ozmolaritása tengervízből édesvízbe áthelyezve jelentősen lecsökkent, azonban a víz kalciumtartalmát emelve ez a probléma megszűnt. Ez a megfigyelés is alátámasztja azt a tényt, hogy a vörös árnyékhal jól nevelhető kemény édesvízben.

A halak a szárazföldi állatokkal ellentétben nem csak a táplálkozás során tudnak hozzájutni a makroelemekhez, hanem a vízi környezetből is fel tudják venni azokat (LALL, 1989), azonban ha a víz nem tartalmaz elég makro- és mikroelemet, akkor a táplálékkal kell bevinni azokat. Az elektrolitok (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^-) fontos szerepet játszanak ozmotikus szabályzásban és ionháztartásban egyaránt (NRC, 1993).

A halak számára a magnézium szerepe összetett, hiszen esszenciális kofaktora számos enzimnek, fontos funkciót tölt be a szilárd vázrendszer felépítésében, az ozmoregulációban,

illetve a neuromuszkuláris átvitelben is (HOUSTON, 1985).

A magnéziumhiánynak számos negatív hatása van, mely anorexiában, csökkent növekedésben, rossz takarmányértékesítésben, bágyadt viselkedésben, a szövetek csökkent magnézium tartalmában, izomszövet-degenerációban, deformált vázrendszerben és nagyfokú pusztulásban nyilvánulhat meg (OGINO és CHIOU, 1976; COWEY et al., 1977; OGINO et al., 1978; NOSE és ARAI, 1979b; KNOX et al., 1981; GATLIN et al., 1982; SHIM és NG, 1988). Korábban már több kutató meghatározta az egyes gazdaságilag jelentős halfaj magnéziumigényét. A becsléseik alapján a szivárványos pisztráng (OGINO et al., 1978; SHEARER, 1989), a ponty (OGINO és CHIOU, 1976), a csatornaharcsa (GATLIN et al., 1982) és az angolna (NOSE és ARAI, 1979a) takarmánya a megfelelő fejlődéshez 400-600 mg/kg magnéziumot kell tartalmazzon. DABROWSKA et al. (1989) tilápiával (*Oreochromis niloticus*) végzett kísérletében 599-777 mg/kg tartalmú takarmánynál kapta a legjobb takarmányértékesítést, míg LIN et al. (2013) szerint már a takarmány 250 mg/kg magnéziumtartalma is fedezi a sósvízben tartott tilápia szükségletét. Az előbbi eredményből is látható, hogy a takarmány magnézium tartalma csak egy tényező a halak megfelelő magnézium ellátásához, hiszen azok a vízben lévő makroelemeket is képesek felvenni. Jól szemlélteti ezt SHEARER és ASGARD (1992) eredményei, hiszen ők OGINO et al. (1978) megállapításaival szemben azt találták, hogy a víz 46 mg/literes magnéziumtartalma kielégítette a magnéziummentes takarmányt fogyasztó halak szükségletét. SAKAMOTO és YONE (1979) publikációja szerint a tengeri halak takarmányát nem kell a makroelemmel kiegészíteni.

Előzőek szerint rendkívül fontos, hogy a halak mindig hozzájussanak a megfelelő mennyiségű magnéziumhoz, mely igényt a vízből illetve a takarmányból egyaránt ki lehet elégíteni (SHEARER és ASGARD, 1992). Fentiek alapján egy haltermelőnek rendkívül fontos tudnia, hogy a halak a rendszervízből képesek-e felvenni minden elektrolitot, vagy a rendszeren kívülről kell azt pótolnia.

A doktori kutatásom során azzal szembesültem, hogy a vörös árnyékhal nevelésére használt víz nem tartalmazott a halak szükségletének kielégítésére elegendő magnéziumot, pontosabban a magnézium kalciumhoz viszonyított aránya nem volt megfelelő, így azt valamilyen külső forrásból kellett bejuttatni a halak szervezetébe.

3.2 A szelén

3.2.1 A szelén felfedezése és szerepe az élő szervezetekben

A szelént ugyan már 1817-ben felfedezték, de először csak 1957-ben írták le annak

esszenciális jelentőségét (SCHWARZ és FOLTZ, 1957). A szerzők patkánykísérletei igazolták, hogy az étrendi szelén hozzájárul a táplálkozás eredetű májnekrózis megelőzéséhez. Ugyanebben az évben SCOTT et al. (1957) megállapították, hogy a csirkénél az E-vitamin hiányában fellépő exudatív diatézis szintén gyógyítható szelénnel. ROTRUCK et al. (1973) felfedezték, hogy a szelén a glutation peroxidáznak (GSH-Px) szerves része, és eredményeik világossá tették az összefüggést a szelén és az E-vitamin metabolikus kapcsolata között is. LENGYEL (2010) japánfűrjével végzett kísérletében szinergista hatást tapasztalt a szelén és az α -tokoferol között. A szelén szeleno-ciszteinként épül be a GSH-Px enzim aktív centrumába. Négy szelén tartalmú glutation peroxidáz enzim ismert, melyek mindegyike különálló szelenoprotein, mégis mindegyik antioxidáns hatású. Ebből következően a szelén antioxidáns hatású enzimek alkotója ellentétben az E- vagy a C-vitaminnal, melyek nem enzimes módon működő antioxidánsok (BURK, 2002). HAFEMAN et al. (1974) patkánykísérletei is bebizonyították, hogy a Se hiány tünetei közvetlen kapcsolatban vannak a szövetek GSH-Px aktivitásának csökkenésével. Hasonló eredményre jutottak a juhoknál (WHANGER et al., 1977), csirkénél (OMAYE és TAPPEL, 1974), a szarvasmarhánál (ANDERSON et al., 1978), a sertéseknél (SIVERTSEN et al. 1977), a japán fűrjéknél (KLING és SOARES, 1978) és a lazacoknál (POSTON et al., 1976). A szelénnek legfontosabb szerepe az antioxidáns tulajdonságából következik, amit annak révén közvetít, hogy részt vesz a GSH-Px enzim szerkezetének felépítésében (LEVANDER és BURK, 1994), de mindemellett számos egyéb pozitív élettani hatása is van. A vörösvérsejt is tartalmazza a mikroelemet (AWASTHI et al., 1975), megelőzheti a szív- és érrendszeri betegedések kialakulását (KOK et al., 1989; FLORES-MATEO et al., 2006), elengedhetetlen a pajzsmirigy és az immunrendszer normál működéséhez is (WIN, 2003). Emellett jelentős gyulladáscsökkentő és vírusellenes tulajdonságokkal is bír (WROBEL et al., 2015), illetve kimutatták, hogy a terhesség alatti rossz szelén ellátottság a magzat kis születési súlyához vezet (PIECZYNSKA és GRAJETA, 2015).

Az első közvetlen bizonyíték – humán vonatkozásban – a szelén szükségességére az 1970-es évektől lett, amikor a kínai Keshan tartományban megjelent egy tömeges szívizomrendellenesség. A tudósok megállapították, hogy a betegség által sújtott területeken élők tápláléka az átlagosnál jóval kevesebb szelént tartalmaz (Keshan Disease Research Group, 1979). A lakosság táplálékát nátrium-szelenittel egészítették ki, és ezzel megállították a halálos betegséget, így egyértelművé vált, hogy a betegséget szelénhiány okozta. Azóta több kutatás is rámutatott a szelén esszenciális mivoltára állatoknál és embereknél egyaránt (LEVANDER, 1984; KÖHRLE, 2004).

3.2.2 A szelén előfordulása

A szelén megtalálható a talajban, a talajvízben és egyéb felszíni és felszín alatti vizekben (FAN és KIZER, 1990), illetve az összes élő szervezetben.

A felszíni talajok szeléntartalmának világszerte átlaga $0,33 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$. A talajokban a szelénvegyületek oldhatósága, mobilitása általában kicsi, ezért a legtöbb országban a termények és takarmányok szeléntartalma a kívánatosnál kisebb. Magyarországon is különösen fontos lenne az élelmiszerek szelénkoncentrációjának emelése, hiszen talajaink, és ezért feltehetően élelmiszereink egy része is szelénhiányos (PROKISCH, 2010). A szemi-arid, illetve arid övezetekben azonban erősen meszes vagy rossz vízgazdálkodású, ún. szelenifer talajok is találhatók, amelyek feltalajának természetes eredetű szeléntartalma veszélyesen nagy, és jóval meghaladja a már kritikusnak tartott $2 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ értéket (SIMON et al., 2007).

A szelénnel foglalkozó kutatások két oldalról közelítik meg ennek az élő szervezet számára igen szűk tolerancia tartománnyal rendelkező elemnek a vizsgálatát. Fontos problémakört jelent a szelénhiányos táplálkozás és ezzel kapcsolatban a megfelelő szelénpótlásra irányuló lehetőségek felkutatása (szeléntartalmú táplálékkiegészítők, illetve szelenizált funkcionális élelmiszerek előállítása). Másfelől egyes ipari területek körzetében az ott élő lakosság szelénterhelése jelentős, ami szintén komoly problémákhoz vezethet (SZÉLES et al., 2007).

Általánosságban elmondható, hogy a talajok szelénellátottsága határozza meg a rajta termesztett növények szeléntartalmát (TERRY et al., 2000; LETAVAYOVA et al., 2006). Egyes területeken a takarmány szelén tartalma lényegesen nagyobb, mint haszonállatok igénye, így toxicitás alakul ki, míg más területeken az állatok alapvető szelénigényüket sem tudják fedezni a takarmányból (National Research Council (US) Subcommittee on Selenium 1983). Éppen emiatt a Se bevitel nagyon változó a világban, a hiánytól a toxikus koncentrációig (RAYMAN, 2012).

3.2.3 A szelén toxicitása

A takarmányok egyes táplálóanyagainak abszolút, illetve relatív hiánya az állatokban különböző betegségek kiváltó, illetve hajlamosító tényezője lehet. A makro táplálóanyagok mellett lényegesek a mikro mennyiségben előforduló vegyületek is, amelyek hatásukat közvetlenül a sejtek metabolikus folyamataira fejtik ki. Ezek közé sorolható a szelén is, amely részt vesz a biológiai antioxidáns rendszer működésében (Internet 4). A szelén tehát alapvetően egy esszenciális nyomelem, de túl nagy mennyiségben toxikussá válhat (SZABÓ, 2013). Szükségessége és toxicitása között igen kicsi a határ (CHASSAIGNE et al., 2002; POLATAJKO et al., 2006; MAIER és KNIGHT, 1994). Az ajánlott napi bevitel egészséges

felnőtt férfiak számára 60 ug/nap, a nők esetében 53 ug/nap (WEEKLEY és HARRIS, 2013; FAIRWEATHER-TAIT et al., 2011). A napi szükséges mennyiség többszörösét fogyasztva mérgezési tünetek jelentkezhetnek, és a 400 µg-nál nagyobb mennyiségű napi bevétel már szelenózist okoz (ARTHUR, 1991; SAKURAI és TSUCHIYA, 1975). Haszonállatoknál is kialakulhat szelénhiány, amennyiben a takarmány szárazanyagra számítva 0,1 mg/kg szelénnél kevesebbet tartalmaz, azonban az 1 mg/kg-ot meghaladó szelénkoncentráció már toxikus hatású lehet (SZABÓ et al., 1993). A szelén túladagolásakor (1–5 mg/kg takarmány) enyhébb-súlyosabb tünetek jelentkeznek, mint például súlyvesztés, szőrhullás, bizonytalan járás és látáskárosodás, szaporodásbiológiai zavarok, valamint vese- és májdegeneráció (CLARKE et al., 1981). Juhoknál jellegzetes túladagolási tünet lehet a kilélegzett levegő erőteljes fokhagymaszaga, amely az illékony szelenohidridek tüdőn keresztül való távozásának következménye (SCHMIDT, 2003). A Se toxikus mennyiségét leginkább az befolyásolja, hogy milyen hosszú ideig és milyen életszakaszban kapja az élő szervezet (LEMLY, 2002b). Az élőlények fiatal korban a legérzékenyebbek a túlzott szelén bevitelre (LEMLY, 2002a; TEH et al., 2002).

Normális étrendi szelénkoncentráció mellett a legtöbb szelén a vesében, majd a májban, a lépben, a hasnyálmirigyben, a szívben, az agyban, a tüdőben, a szemben, a csontban és a vázizomban koncentrálódott emlősöknél (CHEN és BERRY, 2003). A túl nagy dózisban adagolt szelén a májban halmozódik fel legnagyobb mennyiségben, így a szeléntoxicitás vizsgálatánál a májszövet az elsődleges (GARY, 1993; DISKIN et al., 1979).

3.2.4 A különböző szelénformák (szervetlen, szerves, elemi és nanoszelen)

A szelén különböző vegyületek formájában (szervetlen, szerves, elemi) fordul elő, amelyek eltérő mértékben hatásosak, illetve mérgezőek. Ebből következően nem mindegy, hogy a szelén milyen vegyületét alkalmazzuk az állatok takarmányozása során (PROKISCH, 2010). Az állatok nevelésénél használt tápok Se-kiegészítése szervetlen (nátrium szelenit és szelenát) és szerves (szelenometionin, szelenocisztein) formájú szelénnel is elvégezhető (TERRY és DIAMOND, 2012), de megjegyzendő, hogy a kérődző állatok bendőjében a szelenit forma oldhatatlan szeleniddé vagy elemi szelénre redukálódhat. A szerves forma előnye, hogy hatékonyabban felszívódik, és kevésbé toxikus, mint a mikroelem szervetlen formája (SCHMIDT, 2003). Állatkísérletek igazolták, hogy a szelencisztein hasonló toxikus hatással bír, mint szelenit, míg szeleno-metionin valamivel kevésbé toxikus (MCADAM és LEVANDER, 1987). Ugyanakkor a nagy adagban (0,8 mg/ takarmány kg) etetett szerves kötésű szelén nem okozott toxikus tüneteket a japán fűrjnél (LENGYEL, 2010).

Az általános ismeretek szerint tehát a vízoldható szerves szelénsók túladagolásának lehet legnagyobb a kockázata, ezért korábban úgy vélték, hogy a szerves szelén vegyületek (a szelenometionin és a szelenocisztein) a leginkább alkalmasak az élelmiszerek, illetve a takarmányok szelénkoncentrációjának emelésére. Ismert volt az is, hogy szelénformák közül az elemi szelén a legkevésbé mérgező (PROKISCH, 2010). ZHANG et al. (2001) valamint JIA et al. (2005) kísérletei is bizonyították, hogy a nano méretű elemi szelénnek jobb a biológiai hasznosulása, és kevésbé toxikus, mint a szelenit, vagy a szelenát. Ennek magyarázata az lehet, hogy az elemek nano méretben új tulajdonságokkal rendelkezhetnek, mint például a megnövekedett felület és a magas reaktivitás (HUANG et al., 2003), mely nagyban segítheti biológiai hasznosulásukat. WANG et al. (2007a) igazolták, hogy a nanoszelén egy rendkívül hatékony antioxidáns magas toxicitási tulajdonság nélkül, emellett legalább olyan pozitív hatással van a glutation-peroxidáz és tioredoxin-reduktáz enzimek aktivitására, mint a szelenoproteinek. Az elemi szelén redoxidációs státusza nulla, nem vízoldható, általánosságban biológiailag inert anyagnak tekinthető, ezért toxicitása alacsonyabb a többi szelénformánál (ZHANG et al., 2005).

Az elemi szelén egyik előállítási módja élesztőgombák segítségével történik, melyhez szelenometionint használnak, azonban az átalakulás biokémiai háttéréről csak korlátozott információk állnak rendelkezésre (RAYMAN, 2004). OREMLAND (2004) szerint bizonyos anaerob baktériumok mérgező szelénvegyületek belégzése során extracelluláris elemi szelén termelnek. PROKISCH et al. (2008) eredményei szerint bizonyos baktériumok úgy védekeztek a számukra már toxikus mennyiségű szelénsó hatása ellen, hogy abból sejten belül elemi szelént állítottak elő és azt apró, nano méretű gömböcske formájában tárolták. A baktériumban így keletkezett nanorészecskék kinyerhetőek és élelmiszer, takarmány, illetve gyógyszer-alapanyagok is felhasználhatóak (PROKISCH et al., 2011). Az előállított gömbök mérete baktériumfajtól függően 100-500 nanométer között változik, a gömbök alakja és mérete az adott baktériumfajra jellemzően homogén szemcseméret-eloszlású. A kidolgozott eljárás alapvető újdonság, mely megoldást jelenthet a nanorészecskék ipari méretben történő előállítására is (PROKISCH és ZOMMARA, 2008), azonban e módszer meglehetősen költséges.

A doktori kutatásom során is nano méretű elemi szelént alkalmaztam a kísérletekben használt haltáplálékok dúsításához, illetve kiegészítéséhez, melyet egy új, redukciós eljárással állítottam elő.

3.2.5 A szelén használata és szerepe a halak lárva- és ivadéknevelésében

A szelén a halak számára is esszenciális és nélkülözhetetlen nyomelem (SMITH, 1987), mely fontos antioxidáns szereppel bír, javítja a halak növekedési mutatóit, és kedvezően hat az egészségi állapotukra is (LALL, 1989). A normál mennyiségű étrendi szelén hozzájárul a stresszel szembeni ellenálló képesség fokozásához a különböző halfajoknál (KÜÇÜKBAY et al. 2009; RIDER et al., 2009) és mérsékli a nehézfémek, mint például a higany és kadmium toxicitását is (WATANABE et al. 1997; RAYMOND és RALSTON, 2009). A tengeri élőlények a nyomelemhez jórészt a vízből (LALL és BISHOP, 1977) juthatnak hozzá, de ennél sokkal fontosabb a táplálékon keresztüli hozzáférés (HALVER, 2002), mely a mesterséges körülmények között nevelt halaknál a legkifejezettebb.

A gyári haltakarmányok általában ~0,5 mg/kg szelént tartalmaznak, azonban az egyes halfajok szelén-igénye változó (DAVIS és GATLIN, 1996). Ez a különbség nem csak az egyes fajokra jellemző eltérő igényekből adódik, hanem összefüggésben van a halak életkorával, a szelén kémiai formáival és az étrendi tényezőkkel (HAO et al., 2014), illetve a halak tartásának körülményeivel is. A szelén-optimum meghatározásának egyik lehetősége halaknál a glutation-peroxidáz szintjének vizsgálata a májban, vagy a vérplazmában (WATANABE et al., 1997).

Több halfaj szelénigénye meghatározásra került már korábban, a szivárványos pisztrángnak (*Oncorhynchus mykiss*) 0,15-0,38 mg Se/kg-ot (HILTON et al., 1980), a malabári csikossügéreknek (*Epinephelus malabaricus*) 0,7 mg Se/kg-ot (LIN és SHIAU, 2005), hibrid csikos sügéreknek (*Morone chrysops x Morone saxatilis*) 0,2 mg/kg-ot (COTTER et al., 2008) állapítottak meg. GATLIN és WILSON (1984) szerint -a máj- és vérplazma glutation-peroxidáz aktivitása alapján- a csatornaharcsa (*Ictalurus punctatus*) ivadék szelén optimuma 0,1-0,5 mg Se/kg között van, a kísérletükben a 15 mg Se/kg kiegészítés már toxikusnak bizonyult. A szelén (> 15 mg Se/kg) toxikus hatása jelentkezett szivárványos pisztrágnál is (HILTON et al., 1980). HAMILTON et al. (1990) szerint már a 3-5 mg Se/kg bevitel is toxikus hatással van a chinook lazac (*Oncorhynchus tshawytscha*) számára. TASHJIAN et al. (2006) eredményei alapján az étrendi Se toxikussági küszöbértéke a fehér toknál (*Acipenser transmontanus*) 10-20 mg Se/kg között van. A szeléntoxicitás jelei halaknál a megnövekedett mortalitás, a májszövet kóros elváltozása, csökkent szaporodási teljesítmény, csökkent takarmányfelvétel és a rossz takarmányértékesítés (JARAMILLO et al., 2009; LEMLEY, 1997; SORENSEN et al., 1984; TASHJIAN et al., 2006). POSTON és COMBS (1979) szelén-hiány jeleit atlanti lazacnál (*Salmo salar*) vizsgálták, legfontosabb tünetként a

levertséget, az étvágy elvesztését, az izomtónus csökkenését és a megnövekedett halálozási arányt rögzítették.

A szelén hasznosulását több halfajnál [szivárványos pisztráng (VIDAL et al., 2005); lazac (LORENTZEN et al., 1994); malabári csikossügér (LIN és SHIAU, 2005)] is vizsgálták már és megállapították, hogy a szeleno-metioninnak lényegesen jobb a hasznosulása, mint a nátrium-szelenitnek. Az atlanti lazacnál (BELL és COWEY, 1989) és a szivárványos pisztrágnál is (RIDER et al., 2010) bebizonyosodott, hogy szerves szelénforrásoknak jobb a biológiai hozzáférhetősége, mint a szervetleneknek. WANG és LOVELL (1997) megállapította azt is, hogy a csatornaharcsa a szerves szelénvegyületeket hatékonyabban képes beépíteni az izomszöveibe. ZHOU et al. (2009) kimutatták, hogy a nanoméretű elemi szelén hatékonyabban növeli az ezüstkárász (*Carassius auratus gibelio*) termelési paramétereit, illetve izmának szelén tartalmát, mint a szerves forma.

Több kísérlet is beszámolt már arról, hogy a szelén javítja a növekedési mutatókat és immunológiai funkciókat különböző halfajoknál (JARAMILLO és GATLIN, 2004; WANG et al., 1997). Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) (SCHRAM et al., 2008) és a malabári csikossügér (LIN és SHIAU, 2009) növekedési paramétereit és az FCR-t egyaránt jelentősen javította a szelén. A kaliforniai vörösrák (*Procambarus clarkii*) növekedését is kedvezően befolyásolja a szelén, és hatására az SGR is jelentősen javul (DÖRR et al., 2013). ASHOURI et al. (2015) bebizonyították, hogy a takarmány 1 mg Se/kg kiegészítésének hatására jelentősen javult a ponty (*Cyprinus carpio*) növekedési erélye, beleértve a végső tömeget és testtömeg-gyarapodást is (WG), ugyanakkor nem találtak jelentős különbséget a takarmányértékesítésben és a túlélésben. BIRÓ et al. (2009) kísérlete szerint az afrikai harcsa termelési paramétereit a takarmány magas szeléntartalma döntően nem befolyásolta. A sárgafarkú királyhal (*Seriola lalandi*) és a rohu (*Labeo rohita*) (BAIDYA és MURTHY, 2015) FCR értékeit sem befolyásolta jelentősen a szelén, azonban a sárgafarkú királyhal súlygyarapodására egyértelműen pozitívan hatott (LE és FOTEDAR, 2013). A fekete tengeri keszegnél (*Acanthopagrus schlegeli*) az alacsonyabb dózisu szelén (0,21; 0,30; 0,52; 1,29 mg/kg) sem a növekedésre, sem SGR-re nem volt jelentős hatással, ugyanakkor a 12,3 mg/kg-os kiegészítés már toxikusnak bizonyult a halak számára. A nagyobb dózisu E-vitamin- (299 mg/kg) és szelénbevitel (2,49 mg/kg) a királylazacnál (*Oncorhynchus tshawytscha*) jelentősen javította a túlélést, valamint a glutation-peroxidáz aktivitását is (THORARINSSON et al., 1994). A szelén a kóbiánál (*Rachycentron canadum*) is növeli a GSH-Px aktivitást és az izom Se-koncentrációját (LIU et al., 2010).

A szelén a halak szerveiben sem egyenletesen kerül tárolásra, a legnagyobb mennyiségben a

májszövetben koncentrálnak (HAMILTON, 2004; ELIA et al., 2011). A hibrid csíkos sügér (COTTER et al., 2008) és az atlanti lazac (LORENTZEN et al., 1994) májának szeléntartalma minden esetben nagyobb volt, mint az izom szeléntartalma. A takarmány szelénkiegészítésének hatására a ponty (ASHOURI et al., 2015), és az afrikai harcsa (BIRÓ et al., 2009) izom- és máj szöveteinek szeléntartalma is emelkedő tendenciát mutatott. DOLGOVA et al. (2016) szerint a szelén felhalmozódhat a halak szemében is, azonban ennek mennyisége kisebb, mint a melanin tartalmú szervekben, melyből azt a következtetést lehet levonni, hogy a pigmentált szervek a fő tárolói a szelénnek.

3.3 A szabad zsírsavak szerepe az antioxidáns rendszerben

A szabad zsírsavak a szelénhez hasonlóan a szervezet antioxidáns rendszerében vesznek részt, ezért a doktori kutatásomban a nanoszelénnel kiegészített formázott takarmánnyal végzett etetési kísérletben a vörös árnyékhal ivadékok szabad zsírsav-tartalmát és zsírsav-összetételét is vizsgáltam.

Szabad zsírsavaknak nevezzük azokat a zsírsavakat, melyek nem kötődnek egyetlen molekulához sem, leggyakrabban a sejt, illetve a vérplazmában találhatóak. A természetben és a táplálékban ritkák a szabad zsírsavmolekulák, azok rendszerint valamilyen vegyülethez kötve fordulnak elő (pl.: foszfolipidek, trigliceridek). A zsírszövet jellegzetessége faji sajátosság, amit a többséget alkotó trigliceridek zsírsavainak fajtája határoz meg. Szabad zsírsavak a trigliceridek lebomlásakor, emésztéskor képződnek (BREUER, 2003). Az adiposus szövetekben tárolt trigliceridek mobilizációja akkor kerül előtérbe, ha a szénhidrátellátás nem fedezi a szervezet energiaigényét. Ilyenkor a raktározott trigliceridek szabad zsírsavakra és glicerinre bomlanak le, majd a szabad zsírsavak kiáramlanak a keringésbe és felhasználási helyükre szállítódnak. Vészhelyzetek, amelyek aktiválják a sympathoadrenalis rendszert, ugyancsak lipolízishez vezetnek. A szabad zsírsavak a vérplazma albumin frakciójával komplexet képeznek és szállítódnak a máj, illetve más szervek felé (Internet 5.).

A szervezetet érő fokozott oxidatív terhelés hatására kisebb-nagyobb mértékű károsodások következnek be, ezek háttérében a többszörösen telítetlen zsírsavak oxidatív károsodása, a lipidperoxidáció áll. A szabadgyökök a sejtekben természetes körülmények között lejátszódó biokémiai folyamatoknál keletkeznek (DAVIES, 2000) és nagyon gyorsan kémiai reakcióba lépnek más vegyületekkel elektronszerzés céljából (CADENAS, 1989). A szervezet számos molekula, vegyület, és enzim együttműködéséből kialakuló bonyolult, és több lépcsős mechanizmus segítségével igyekszik védekezni a lipidperoxidáció káros hatásai ellen (ZSÉDELYI, 2008). Az oxidatív stressz többféleképp is károsíthatja a szervezetet, például a

közvetlen lipid-peroxid terheléssel vagy a szervezet antioxidáns raktárainak csökkent mennyisége (pl. E-vitamin hiány, szelén hiány) által. A harmadik probléma az egyes szövetek, szervek eltérő többszörösen telítetlen zsírsav tartalma, illetve ennek révén ezek eltérő érzékenysége az oxidatív károsodás iránt (Internet 4.). Ugyanakkor, nem csak a szelén hiány, hanem a hal szükségletét meghaladó mennyiségű szelén is csökkenti a szervezetben a szabadgyökök semlegesítését végző Gsh-px enzim aktivitását. Ennek eredményeképpen megnőhet a sejtekben a lipid peroxidációs folyamatok intenzitása (MÉZES és MATKOVICS, 1986) és a szervezetben található szabad zsírsavak mennyisége. A különböző állatok, és azon belül az egyes testrészek zsírsavösszetétele viszonylag állandó, azonban a takarmányok összetételének módosításával befolyásolható a szövetek zsírsavösszetétele (KLINGENBERG et al., 1995). PALACE et al. (2004) bizonyították, hogy a glutationt tartalmazó előszervezetekben a szelenometionin egy adott mennyiség felett oxidatív stresszt képes okozni. MAZEAUD et al. (1977) szerint a halakat ért stresszhatás következtében változhat a szabad zsírsavak koncentrációja a vérben, azonban ennek mértéke és iránya nem áll egyenes arányban a stresszhatás mértékével.

4 ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1 Az *Artemia* sp. dúsítása nanoszelénnel

A gazdasági állatok takarmányozásában általánosan elfogadott a takarmány szelénnel való kiegészítése. A halak intenzív nevelésében is rendszeresen adnak szelént a granulált keveréktakarmányhoz, mely nagyban hozzájárul a halak általános jó egészségi állapotához antioxidáns szerepénél fogva. A halak lárvakori nevelésekor fontos – gazdasági érdek – az elhullás alacsonyan tartása. Ehhez megoldás lehet az élőeleség szelénnel történő kiegészítése, mivel az így felvett szelén elősegítheti a halak egészségének fenntartását.

4.1.1 A nanoszelén- készítmény előállítása

A kísérlethez felhasznált nanoszelén oldatot a Debreceni Egyetem MÉK Bio- és Környezetenergetikai Intézet NanoFood Laboratóriumának munkatársai készítették el. Az oldat nano méretű (60-80 nm) elemi szelént tartalmazott, mely előállítása egy új, aszkorbinsavas-redukciós eljárás alapján történt. Az eljárás során 2,5 liter 2000 mg/l koncentrációjú szelenit oldat ugyanilyen térfogatú 10000 mg/l-es aszkorbinsav oldattal lett összekeverve, melyben fél óra alatt végbement a redukciós folyamat. Az így elkészített 5 liter 1000 mg/l-es nanoszelén törzsoldatból hígítással történt az egyes kezelésekhez szükséges szelén-koncentrációk előállítása.

4.1.2 Az *Artemia* sp. nanoszelénnel való dúsítási technológiája

Az *Artemia* sp. (Sera, Németország) petéket 24 óráig, 5 literes műanyag edényekben keltettük, melyekbe literenként 2 g petét helyeztünk. Az inkubáció alatt a 20g/liter só koncentrációjú (Sera Marine Basic szintetikus tengeri só, Németország) víz hőmérsékletét folyamatosan 28 ± 1 °C fokon tartottuk (Sera vízmelegítő), a levegőztetést porlasztóköveken keresztül biztosítottuk, a megvilágítás állandó volt. A keltetés végén az *Artemia* sp-t 150 µm-os planktonhálóval leszűrtük, majd elválasztottuk a peteburoktól, illetve ki nem kelt petéktől. A frissen kelt sórákokat 24 órás inkubációs idővel (Nguyen et al., 2008), a kontroll mellett 6 kezelésben (1 mg/l; 5mg/l; 10 mg/l; 50 mg/l; 100 mg/l; 500 mg/l) egyenként három-három ismétlésben (n=3) dúsítottuk a nanoszelén-oldatban (4. kép). Ezt 4 liter hasznos víztérfogatú műanyag ballonokban végeztük állandó megvilágítás és a folyamatos levegőztetésnek köszönhetően 100 %-os oxigén telítettség mellett, 20 ppt-s sókoncentrációjú vízben. A ballonokba ml-enként 100-150 naupliust helyeztünk ki.



4. kép: Különböző szelén koncentrációk a dúsító ballonokban (Fotó: Juhász Péter)

4.1.3 A minták kémiai analízise

A dúsítást követően az egyes kezelésekből az *Artemia* sp.-t 150 μm -es pórusú planktonhálával leszűrtük, majd desztillált vízzel átmostuk és az analitikai vizsgálatig fagyaszttva tároltuk. A minták nedvességtartalmának meghatározásához azokat szárítószekrényben 80 °C fokon súlyállandóságig szárítottuk.

A teljes szelénkoncentráció meghatározásához Hydrid Generation Atom Fluorescens Spektrofotometriai (HG-AFS) módszert használtunk. A mintákat a méréshez történő előkészítés során nedves roncsolásnak vetettük alá KOVÁCS et al. (2000) szerint: 5 ml 65 %-os HNO_3 -t adtunk 1 g mintához, melyet egy órán keresztül, 60 °C-on roncsoltunk, majd 120 °C-on 240 percig. Ezután hozzáadtunk 3 ml 30 %-os H_2O_2 -t. Az így elroncsolt mintákat felhígítottuk 15 ml-re 3 M HCL segítségével, majd leszűrtük.

A szelénkoncentráció mérése Millenium Merlin atomabszorpciós spektrofotométerrel történt, a következő beállításokkal: Argon öblítógáz, 15 liter/perc áramlás sebességgel, 40 másodperc/mérés, 40 másodperc mosási idő. A berendezést Charlau- standard segítségével kalibráltuk a mérés megkezdése előtt, majd a pontosság megőrzése érdekében ezt minden 5. minta után megismételtük. A hidrid reakcióhoz 3 M HCL-t használtunk, míg a redukáló ágens 0,1 M NaOH-ban oldott 1,4 m/V %-os NaBH_4 volt. Az reagensek analitikai tisztaságúak voltak.

4.1.4 Statisztikai vizsgálat

Az adatok statisztikai értékelését *Microsoft Excel 2013*, illetve *SPSS for Windows 20.0* programok segítségével végeztük el.

Az *Artemia*-minták Se koncentrációját egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) hasonlítottuk össze. A csoportok homogenitását Levene-teszttel ellenőriztük ($p > 0,05$), majd a szignifikáns különbségek megállapítását Tukey post-hoc teszttel végeztük ($p < 0,05$) el.

4.2 Nanoszelénnel dúsított *Artemia* sp. vizsgálata vörös árnyékhal lárva etetési kísérletében

4.2.1 Kísérleti beállítás

A vizsgálathoz szükséges vörös árnyékhal lárvákat (14 dph) az izraeli MADAN – Kibbutz-ból szereztük be, melyek a légi szállítás után 48 óra akklimatizációt követően kerültek a kísérleti rendszerbe. Az etetési kísérletet 15 db 40 literes különálló akváriumban végeztük, melyekben az egyes kezelések (*kontroll*, *1 mg/l dúsítás*, *5 mg/l dúsítás*, *10 mg/l dúsítás*, *50 mg/l dúsítás*, *500 mg/l dúsítás*) véletlen blokk elrendezésben voltak elhelyezve (5. kép). Minden kezelést három ismétlésben ($n=3$) állítottunk be.

Az egységek előzetesen kilevegőztetett és besózott vizébe 70-70 darab (összesen: 1050 db) lárvát (SL: $9,3 \pm 0,4$ mm; W: $15,06 \pm 4,77$ mg) helyeztünk ki. A halak vizét 15 ppt-s sókoncentrációra (Tetra Marine szintetikus tengeri só) állítottuk be, majd literenként 1 g analitikai tisztaságú magnézium-kloridot (Scharlab) oldottunk fel bennük, a víz a halak számára optimális 1:3 Ca-Mg arány eléréséhez (Wurts és Stickney, 1989).

Az akváriumokban a folyamatos levegőztetést és szűrést központi légkompresszorról működtetett pipás szűrők biztosították. A víz hőmérsékletét a kísérlet során végig $27 \pm 0,8$ °C – on tartottuk egyedi vízmelegítők (Sera) segítségével. A vizsgálat alatt a fotoperiódus 12 óra megvilágítás és 12 óra sötétség volt. A halak napi három alkalommal *ad libitum* kaptak ételét, reggel 7 órakor, 13 órakor és 18 órakor. Az elpusztult egyedek illetve az ürülék minden nap eltávolításra került szivornya cső segítségével. Az elhullást minden nap regisztráltuk.

A kísérlet során a változatlan környezet fenntartása céljából a víz hőmérséklet, a pH, a sókoncentráció (Hanna HI98130), az oxigén-telítettség (Hach HQ30d), illetve NO_3^- , a NO_2^- , illetve az NH_4^+ ellenőrzése (Aquamerck Compact Laboratory, Merck) napi szinten történt. Az előzőekben felsorolt ionok a kísérlet teljes futamideje alatt a halakra káros határértékek alatt maradtak (NO_3^- : < 8 mg/l; NO_2^- : $< 0,1$ mg/l; NH_4^+ : $< 0,45$ mg/l).

A kísérlet futamideje 9 nap volt, melyet követő 24 órás éheztetési periódus után valósult meg a további vizsgálatokhoz szükséges mintavétel.



5. kép: A kísérleti beállítás (Fotó: Juhász Péter)

4.2.2 Termelési paraméterek, kondíció faktor számítása

A kísérletet követően a különböző termelési paraméterek meghatározása az alábbi képletek alapján történt.

- Megmaradás (%): $S = (\text{lehalászott darabszám} / \text{kihelyezett darabszám}) \times 100$
- Specifikus növekedési ütem (% / nap): $SGR = (\ln W_f - \ln W_i) / t \times 100$; ahol W_f : lehalászáskor mért testtömeg (g), W_i : kihelyezéskor mért testtömeg (g), t: eltelt napok száma

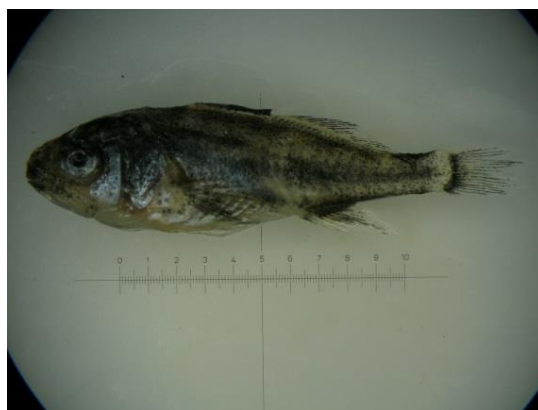
A hallárvák kondíciófaktorának kiszámítása WAKEMAN és RAMSEY (1985) szerint történt.

- Kondíció faktor: $K = W \times 100 / SL^3$ ahol W: nedves testtömeg (g), SL: standard testhossz (cm)

4.2.3 Morfológiai vizsgálat

Lehalászás után az egyes akváriumokból véletlenszerűen 5-5 db lárvát (15 db/kezelés) különítettünk el a morfológiai vizsgálatokhoz, mely során egyenként megmértük a halak testtömegét és standard testhosszát. A testhossz meghatározáshoz egy sztereomikroszkópra szerelt digitális fotógépet használtunk (Olympus SZ51), mely objektívje elé 0,1 mm beosztású tárgylemezen került a hallárva (6. kép). A képek kiértékelését – a testhossz pontos meghatározását – WinImag 1.0 számítógépes szoftver segítségével végeztük.

A nedves testtömeg-mérés analitikai mérlegen (Precisia 240A) történt, mg pontossággal.



6. kép: **Hosszmérés** (Fotó: Juhász Péter)

4.2.4 Glutathion-peroxidáz enzimaktivitási vizsgálat

Az enzimaktivitás-vizsgálathoz az egyes akváriumokból 6-6 db mintát (18 db/kezelés) vettünk, melyeket a lehalászás után azonnal folyékony nitrogénbe helyeztünk, leállítva ezzel az életfolyamatokat.

A glutathion-peroxidáz enzim aktivitásának meghatározását SEDLAK és LINDSAY (1968) módszerével végeztük. A mintákat folyékony nitrogén folyamatos hozzáadása mellett előhűtött dörzsmozsárban mechanikus roncsolás és fagyasztás kombinálásával tártuk fel. A roncsolást követően, a mintákat 1 ml TRIS1 pufferbe vettük fel és 10 percig szobahőmérsékleten, percenkénti 9000-es fordulaton centrifugáltuk. Ezt követően a mintákat, illetve a felülúszót jégen tároltuk és befejeztük a feldolgozást.

Először a minták összfehérje-tartalmának meghatározását végeztük el, majd a kapott eredmények alapján megállapítottuk a gpx assay-hez szükséges mintamennyiséget. A kivonatból 200 µl-t 0,6 ml TRIS1 puffer, 100 µl kumén-hidrogén-peroxid oldattal és 100 µl redukált glutathion oldattal inkubáltuk 10 percig szobahőmérsékleten.

A reakció leállítását 1 ml 10 %-os triklór-ecetsav oldat hozzáadásával végeztük, majd az így kapott elegyet 5 percig percenkénti 2500-as fordulatszám mellett centrifugáltuk. A felülúszó 1

ml-ét 2 ml TRIS2 pufferrel és 100 µl 2-nitro-benzoésav-oldattal inkubáltuk 5 percig szobahőmérsékleten. Ezt követően az elegyet 412 nm-en fotometráltuk. Így meghatároztuk az első inkubáció során elreagált redukált glutation tartalommal csökkent, (maradék) redukált glutation-koncentrációt.

Ezzel párhuzamosan a fent leírt reakciósort végeztük el a minták egy párhuzamos mennyiségével, azzal a különbséggel, hogy a glutation-peroxidáz enzim redukált glutation melletti másik ko-szubsztrátját, a kumén-hidrogén-peroxidot nem adtuk hozzá a reakcióelegyhez. Így kontroll-eredményeket kaptunk meg minden mintára.

Az enzimaktivitást a mintához mért redukált glutation fogyásából következtettük és a minta összfehérje-tartalmára (g) vonatkoztattuk az alábbi számítás szerint.

E (µmol/g/perc) = $A_k - A_m / \text{Mol. absz. Koefficiens} \times 10^6 / \text{összfehérje} \times 5 \times 10^3 / t$; ahol:

A_k : kontroll

A_m : minta

Moláris abszorpciós koefficiens: 131000 (1/Mcm)

összfehérje: (g/l)

t: inkubációs idő, 10 perc

10^6 : váltószám mol és µmol mértékegységek között

5×10^3 : váltószám az eredetileg meghatározott összfehérje-koncentráció (g/l) és az assayben használt 200 µl térfogatú mintában lévő összfehérje-tartalom (g) között

4.2.5 Kémiai analízis

Az akkumulált szelén mennyiségének meghatározása a 4.1.3. pontban bemutatott módszer szerint történt. A vizsgálathoz minden egységből 5-5 db lárvát (15 db/kezelés) halásztunk le, melyeket mélyfagyasztva tároltunk az analitikai vizsgálatig.

4.2.6 Statisztikai vizsgálat

Az adatok statisztikai értékelését *Microsoft Excel 2013*, illetve *SPSS for Windows 20.0* programok segítségével végeztük el.

Az SGR, a túlélés, a hossz, a tömeg és a K faktor értékeit, illetve az akkumulált Se mennyiségét egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) hasonlítottuk össze. A csoportok homogenitását előzetesen Levene-teszttel ellenőriztük ($p > 0,05$), majd a szignifikáns különbségek megállapítását Tukey post-hoc teszttel végeztük ($p < 0,05$) el.

Az egytényezős varianciaanalízis által kapott eredményekből megállapított szignifikánsan kedvező hatású kezelések a kísérleti beállítások „véges” száma miatt nem fejezi ki feltétlen pontosan a halak számára ténylegesen optimális szelén értékeket. Ennek kiszámításához regresszióanalízist (ZEITOUN et al. 1976) végeztünk, illetve az optimum számításához trendvonalakat illesztettünk a ténylegesen kapott/számolt tömeg-, hossz-, és SGR értékekre. Azt a trendfüggvényt használtuk az egyes diagrammoknál, ahol az R^2 érték a legnagyobb volt, azaz ahol a legpontosabban illeszkedett a trendvonal a „xy” koordináta rendszerben ábrázolt pontokra (SGR, hossz, tömeg). A polinomiális regressziós függvény illeszkedése volt a legjobb, mely függvény egyenlete egy másodfokú egyenlet ($y=ax^2+bx+c$). A legnagyobb „y” értékhez (megmaradás, sgr, növekedési mutatók) tartozó „x” értéket kerestük, amelyet a másodfokú egyenlet felhasználásával számoltunk ki. A függvény maximumát a trendfüggvényt deriválva kaptuk meg.

A különböző számolt mutatók, illetve mérési eredmények közötti összefüggés-elemzést Pearson-féle korrelációval (r) végeztük. Vizsgálatainkban a 0,5 alatti értékkel jellemezhető kapcsolatot gyengének, a 0,5-0,7 közötti r értékeket közepesnek, míg a 0,7 feletti korrelációs együttható esetén a kapcsolatot szorosnak tekintettük.

4.3 Nanoszelénnel dúsított formázott takarmány etetésének vizsgálata előnevelt vörös árnyékhalakkal

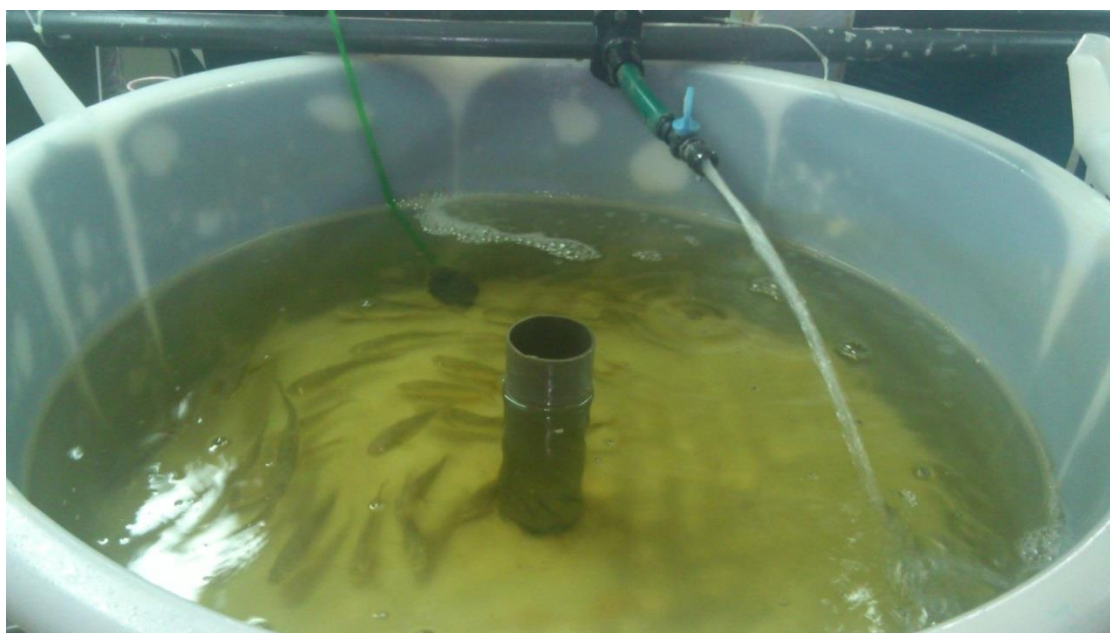
4.3.1 A takarmány előállítás

A kísérleti takarmány előállításához egy kereskedelemben kapható, 42% fehérjét és 22% zsírt tartalmazó keveréktakarmányt (Aller Aqua) használtunk fel, mely eredeti szelén tartalma az analitikai mérés alapján 0,46 mg/kg volt szerves szelén (szeleno-metionin) formájában. Ezt egy kalapácsos daráló segítségével porrá őröltük, majd az így kapott alapkeveréket a különböző kezelések előállításához nanoszelén szuszpenzióval dúsítottuk. A homogenizálást követően 5% víz hozzáadása mellett egy pelletáló gép segítségével 2,5 mm furatú matricán keresztül újraformáztuk (8. kép). Granulálás után a keveréktakarmányt szobahőmérsékletig hálós felületen hűtöttük, majd hideg ($t < 5$ °C) helyen tároltuk felhasználásig.

A dúsításhoz használt nanoszelén törzsoldat aszkorbinsavas redukcióval készült, a következő eljárás szerint: egységnyi 2000 mg/l töménységű szelenit oldathoz hozzáadásra került szintén egységnyi térfogatú 10000 mg/l koncentrációjú C-vitamin oldat, majd keverés és fél óra állás után készült el az 1000 mg/l-es nanoszelén törzsoldat. Ebből történt az egyes kezelések takarmányának dúsításához való oldatok hígítása.

4.3.2 Kísérleti beállítás

A kísérletben használt vörös árnyékhal állományt az izraeli MADAN – Kibbutz halkeltetőből szereztük be. Szoktatás céljából az 1,7 m³ víztérfogatú ivadék- és lárvanevelő recirkulációs rendszerbe a kísérlet kezdete előtt 1 héttel kihelyeztük a halakat 18 db, egyenként 70 liter térfogatú műanyag körmedencébe (7. kép). Az átlagosan 3,5±0,1 g tömegű halakból 540 darabot telepítettünk (30 db hal/kád). A kihelyezett állomány egyöntetű volt (7. táblázat). A vizsgálat során a kontroll (gyári keveréktakarmány, szeléntartalma: 0,46 mg/kg) mellett 5 kezelést (1 mg/kg Se, 1,5 mg/kg Se, 2,5 mg/kg Se, 5,5 mg/kg Se, 10,5 mg/kg Se) állítottunk be három ismétlésben (n=3). A 8 hét futamidejű kísérlet alatt a víz hőmérsékletét folyamatosan 25-26 °C között tartottuk a puffer tartályban elhelyezett elektromos fűtők (Sera) segítségével, a sótartalmat 5 ppt-re állítottuk be. A folyamatos levegőztetést központi légbefúvó segítségével, porlasztóköveken keresztül biztosítottuk (oxigéntelítettség: 92±1,5%).



7. kép: A kísérleti medence (Fotó: Juhász Péter)

A fotoperiódus 12 óra világos és 12 óra sötét volt. A kísérleti környezet változatlansága érdekében a rendszerben a vízhőmérsékletet, a pH-t, a sókoncentrációt (Hannah HI98130), az oxigéntelítettséget (Hach HQ30d), illetve a vízminőségi (NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺) paramétereket (Aquamerck Compact Laboratory, Merck) napi rendszerességgel ellenőriztük. Indokolt esetben maximum 10 %-os napi vízcserét alkalmaztunk.

A takarmányozás étvágy szerint történt, napi 4 alkalommal (08:00, 11:00, 15:00 és 18:00 óra), a keveréktakarmány fogyását a takarmányértékesítési mutatók számításához folyamatosan regisztráltuk.

4.3.3 Termelési paraméterek számítása

A növekedés pontos nyomon követésére hetente egy alkalommal minden egyedre 0,1 g pontossággal digitális mérlegen lemértünk, az elpusztult egyedeket naponta regisztráltuk.

A termelési paraméterek (S %, SGR %, FCR g/g, WG %) számítása a következő képletek alapján történt:

- Megmaradás (%): $S = (\text{lehalászott darabszám} / \text{kihelyezett darabszám}) \times 100$
- Takarmányértékesítés (g/g): $FCR = F / (W_f - W_0)$; ahol: F: a takarmány összes tömege (g); W_0 : kezdeti testtömeg (g); W_f : záró összes testtömeg (g)
- Specifikus növekedési ütem (% / nap): $SGR = (\ln W_f - \ln W_0) / t \times 100$; ahol W_f : lehalászásakor mért testtömeg (g); W_0 : kihelyezésakor mért testtömeg (g); t: eltelt napok száma
- Testtömeg gyarapodás (%): $WG = (W_f - W_0) / W_0 \times 100$; ahol: W_f : lehalászásakor mért testtömeg (g); W_0 : kihelyezésakor mért testtömeg

4.3.4 Kémiai analízis

Az ivadék emésztőrendszerének kiürülése érdekében alkalmazott 24 órás éheztetést követően a szelénanalízishez minden medencéből 4-4 db halat halásztunk le. Ezt követően a halak máját, szemét, illetve a filéjét eltávolítottuk, mivel ezek külön kerültek vizsgálatra. A mintákat a roncsolás megkezdéséig mélyfagyasztva (<-30 °C) tároltuk.

A teljes szelénkoncentráció meghatározásához Hydrid Generation Atom Fluorescens Spektrofotometriai (HG-AFS) módszert használtunk, a 4.1.3. fejezetben leírt mintaelőkészítési és mérési protokoll szerint.

4.3.5 Zsírsvösszetétel vizsgálat

A szabad zsírsav meghatározásához kádanként 3-3 db mintát vettünk, melyeket mélyfagyasztva (<-30 °C) tároltuk az analízisig. A vizsgálat során az összes-zsír mennyiségének meghatározása extrahálással, a szabad zsírsavak analízise pedig folyadékkromatográfiás módszerrel (HPLC) történt. A mintákat fagyasztva tárolás után liofilizáltuk, majd ezt használtuk fel a további vizsgálatok céljára. A liofilizátumból a zsír/olaj kinyerése hexán segítségével történt: A minta 2,5-3,0 g-ját 25 ml hexánnal 1 órát kevertettük, majd szűrőpapíron szűrtük, a szűrletet bepároltuk. A méréshez a szabad zsírsavakból származékot képeztünk. A reakciók során a zsírsavakat lúgos közegben p – bróm fenacil-bromiddal reagáltattuk 18-korona-6 katalizátor jelenlétében. Az előállított mintát 1 ml

toluolban oldottuk, szűrtük, a méréshez a felülúszót használtuk.

A kromatográfias rendszer kifejlesztése után a zsírsav-elegyek bemérésre kerültek, majd létrehoztuk a kromatogramot. Erről a retenciós idők alapján történt meg az egyes zsírsavak minőségi meghatározása. A mennyiségi értékelés a különböző zsírsavakat jelző görbék alatti terület integráltja alapján történt. A zsírsavakat 242 nm-es hullámhosszon detektáltuk.

4.3.6 Statisztikai vizsgálat

Az ivadék termelési paramétereinek, a különböző szervezetekben akkumulált szelén mennyiségének, a halak szabad zsírsav tartalmának összehasonlítása, a vörös árnyékhal ivadék nevelésénél használt takarmány optimális szeléntartalmának meghatározása a 4.2.6. fejezetben bemutatott statisztikai módszerekkel történt.

4.4 Magnéziummal kiegészített formázott takarmány vizsgálata vörös árnyékhal ivadékkal végzett etetési kísérletben

A vörös árnyékhal eurihalin faj (NEILL, 1990) azaz a víz oldott elemtartalmát tág határok között képes elviselni, azonban az édesvízben történő tartásakor a megfelelő fejlődéséhez szükséges a víz magas kalcium és magnézium tartalma, mely ionok mennyiségének egymáshoz viszonyított aránya is fontos (WURTS és STICKNEY, 1989).

Az édesvíz magnézium tartalma hozzávetőleg <10-50 mg/l, addig a tengervízé akár 1350 mg/l is lehet (DALL és MORIARTY, 1983). Az árnyékhal édesvízben történő nevelésénél előfordulhat olyan eset, hogy a víz magnézium-tartalma (pl. lágy víz, közepesen kemény víz) nem elégíti ki az árnyékhalak magnézium szükségletét, ezért külső forrásból kell a számukra hiányzó mennyiséget pótolni. Ezt első sorban úgy lehet megoldani, hogy a halak vizébe vagy tengeri sót, vagy magnéziumot juttatunk. Ez a megoldás igen drága, mivel a nagy víztérfogatú zárt rendszerekben igen komoly mennyiség feloldására lehet szükség, amit a folyamatos vízcsere miatt rendszeresen ismételni kell.

A doktori kutatásom során is ezzel a problémával szembesültem, mivel a debreceni vezetékes víz oldott magnézium tartalma viszonylag kicsi, ráadásul a magnéziumion mennyisége közel azonos a kalciuméval a kívánatos 3:1 (Mg:Ca) arány helyett (WURTS és STICKNEY, 1989).

4.4.1 A kísérleti takarmány előállítása

A kísérletben használt takarmány alapkeverékét többféle összetevő homogenizálásával állítottuk össze (1. táblázat) saját receptúra alapján, majd síkágvas pelletáló gépen 2,5 mm-es furatú matricán keresztül pelletáltuk (8. kép).

A takarmány összetevői

Összetevők	m/m %
Halliszt 60% protein (max 16% zsír)	52,19
Extrahált szójaliszt	11,10
Extrudált kukoricaliszt	12,11
Vérliszt	6,01
Kukoricakeményítő	6,00
Extrudált búzaliszt	6,00
Takarmányélesztő	3,00
Full-fat szója	2,00
Vitamin permix	1,60
<i>Összesen</i>	<i>100,00</i>
<i>Kalkulált fehérjetartalom</i>	<i>44,00</i>

Az elkészült alaptakarmányt kémiai analízisnek vetettük alá, mely eredményét az 2. táblázat tartalmazza.

A takarmány beltartalmi paraméterei

Vizsgált paraméter (mértékegység)	Érték
Száranyag (m/m) %	92,0
Nyershamu (m/m) %	12,3
Nyersrost (m/m) %	1,16
Nyerszsír (m/m) %	4,76
Nyersfehérje tartalom (m/m) %	30,8
AMEn [MEb MJ/kg]	13,5

Ezt követően a takarmányt szobahőmérsékletig hálós felületen hűtöttük, majd hideg ($t < 5^{\circ}\text{C}$) helyen tároltuk a felhasználásig. Az alapkeveréket elemanalízisnek vetettük alá a pontos magnéziumkoncentráció meghatározásához. A mérés szerint a kontroll keveréktakarmány egy kg-ja $254,73 \pm 14,21$ mg magnéziumot tartalmazott, melyet a könnyebb számolhatóságért a továbbiakban csak 250 mg-nak jelöltük. A keveréktakarmány magnézium kiegészítéséhez kristályvizes magnézium-kloridot ($\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$) használtunk, mellyel a következő kezeléseket állítottuk be.

- 100 mg Mg/kg
- 200 mg Mg/kg

- 300 mg Mg/kg
- 400 mg Mg/kg

Minden csoportnak 2-2 kg takarmányt gyártottunk, mely a kísérlet teljes időtartamára elegendőnek bizonyult.

A kész keveréktakarmány az előzetesen kalkulálnál kisebb fehérjetartalommal bírt, melyet a gyengébb minőségű hallisztnek tulajdonítottunk.



8. kép: A kísérleti takarmány pelletálása (Fotó: Szalma Barnabás)

A takarmányértékesítési paraméterek pontos számításához a keveréktakarmány fogyasztását naponta 0,1 g pontosságú digitális mérleg segítségével regisztráltuk.

4.4.2 Kísérleti beállítás

A kísérleti állományt az izraeli MADAN – Kibbutz halkeltetőből szereztük be. Szoktatás céljából az 1,7 m³ víztérfogatú ivadék- és lárwanevelő recirkulációs rendszerbe a kísérlet kezdete előtt 1 héttel kihelyeztük a halakat, 15 db, egyenként 70 liter térfogatú műanyag körmedencébe (3. ábra). Az átlagosan 14,56±0,30 g tömegű halakból 225 darabot telepítettünk (15 db hal/kád). A kihelyezett állomány egyöntetű volt (11. táblázat). A vizsgálat során a kontroll mellett 4 kezelést (100 mg/kg, 200 mg/kg, 300 mg/kg, 400 mg/kg) állítottunk be három ismétlésben (n=3). A 8 hét futamidejű kísérlet alatt az 5 ppt-s víz hőmérsékletét folyamatosan 25-26 °C között tartottuk a puffer tartályban és a kádakban elhelyezett elektromos fűtők (Sera) segítségével. Az elkészített rendszervíz elemtartalmát megvizsgáltuk,

miszerint annak a Ca^{2+} tartalma 150,02 mg/l, míg Mg^{2+} tartalma 147,7 mg/l volt. Ennek alapján megállapítható, hogy ez a víz közepesen keménynek számít (11-18 nk°). A víz oldott Mg iontartalmát a hetente vett vízmintákból analitikai méréssel monitoroztuk, melyre az esetleges Mg^{2+} feldúsulásának ellenőrzésére volt szükség. A mintákban észlelhető különbséget nem találtunk, így a kezelések közötti keresztszennyezés kizárható.



medencék	kezelés	Mg szint
L1	400	650
L2	400	650
L3	300	550
L4	200	450
L5	100	350
L6	K	250
L7	K	250
L8	100	350
L9	200	450
L10	300	550
L11	300	550
L12	400	650
L13	200	450
L14	K	250
L15	100	350

3. ábra: A kísérleti beállítás

A folyamatos levegőztetést központi légbefúvó segítségével, porlasztóköveken keresztül biztosítottuk (oxigéntelítettség: $95 \pm 2,6\%$).

A fotoperiódus 12 óra világos és 12 óra sötétség volt. A kísérleti környezet változatlansága érdekében a rendszerben a víz hőmérsékletet, a vezetőképességet ($\sim 8,95$ mS), a pH-t ($\sim 8,5$), a só koncentrációt (Hannah HI98130), az oxigéntelítettséget (Hach HQ30d), illetve a vízminőségi (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+) paramétereket kolorimetriás eljárással (Aquamerck Compact Laboratory, Merck) napi rendszerességgel ellenőriztük. Indokolt esetben maximum 10 %-os napi vízcsere alkalmaztunk.

A takarmányozás étvágy szerint történt, napi 4 alkalommal (08:00, 11:00, 15:00 és 18:00 óra), a keveréktakarmány fogyasztását és az elhullásokat folyamatosan regisztráltuk.

4.4.3 Termelési paraméterek számítása

A kísérlet kiértékelésekor a 4.2.2.-es (kondíció faktor) és a 4.3.3.-as (S %, SGR %, FCR g/g, WG %) fejezetben bemutatott számítási módszer alapján kaptuk meg a vizsgált mutatókat.

Az FCR hetenként került kiszámításra, az elfogyasztott takarmány alapján, a pusztulások

figyelembevételével. A takarmányértékesítés számításakor – az egyes kezeléseknél tapasztalt nagyfokú pusztulás miatt – hetente korrigáltuk a biomasszát az elpusztult egyedek tömegével (LI és ROBISON, 2012).

4.4.4 Kémiai analízis

Az elemanalízishez minden kádból véletlenszerűen 3-3 db halat fogtunk ki, melyeknek eltávolítottuk a gerincét és a filéjét. Ezeket desztillált vizes öblítés után steril centrifuga csövekben helyeztük el, a gerinceket a nedves roncsolás könnyítésére H₂O₂-ben fixáltunk. A csontmintákat 5 °C-on hűtőben, míg a húsmintákat –80 °C-on fagyasztva tároltuk a további műveletekig. A mintákat 105 °C-on 24 órán keresztül súlyállandóságig szárítottuk. A nedves roncsolást először 1 órán keresztül 110 °C-on 5 ml tömény HNO₃-al végeztük, majd újabb 1 órán keresztül 130 °C-on 3 ml tömény H₂O₂-t hozzáadva. Ezt követően a mintákat desztillált vízzel 20 ml-re hígítottuk. A szűrés után ICP-MS módszerrel határoztuk meg a gerinc és a halfilé magnézium tartalmát.

4.4.5 Statisztikai vizsgálat

A termelési paraméterek, a csontozat és a halfilé magnézium tartalmának összehasonlítása a 4.2.6. fejezetben bemutatott statisztikai módszerekkel történt.

5 EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

5.1 Az *Artemia* sp. szelén akkumulációja

Az *Artemia* sp. nanoszelénnel való dúsítására nem áll rendelkezésre megfelelő irodalmi forrás, ezért a kísérlet beállításakor széles koncentráció-tartományt alkalmaztam, mely a toxikusság-vizsgálat szempontjából is fontos volt. A kísérlet során a kontroll mellett 6 kezelést (1 mg/l; 5mg/l; 10 mg/l; 50 mg/l; 100 mg/l; 500 mg/l) alkalmaztam, melyek eredményeit az 3. táblázat tartalmazza.

WATANABE et al. (1978) mérései szerint az *Artemia* sp. naupliusz szeléntartalma természetes körülmények között 0,83 µg/g és 1,4 µg/g (sz.a.) között van, azonban kísérletünkben méréseink szerint ez az érték a kimutatási határérték közelében alakult (0,0002 mg/kg).

Az 500 mg/l-es dózisban a 24 órás dúsítási periódus végére az összes sórák elpusztult, mely alapján kijelenthetjük, hogy ez a koncentráció toxikus volt az *Artemia* sp. számára, így ebből a kezelésből az elemanalízisre nem vettem mintát. A variancia-analízis a Se dúsítás szignifikáns hatását egyértelműen bizonyította, ugyanis minden kezelés között találtam statisztikailag is igazolható különbséget ($p < 0,05$). Érdekes tapasztalat, hogy a legnagyobb elem-akkumulációt az 50 mg/l-es kezelésben tapasztaltam, a legnagyobb dúsításnál (100 mg/l) már erőteljes csökkenést mutatott a vizsgálat. Hasonló megfigyelést tett FEHÉR (2014) az *Artemia* sp. kobalt dúsítással foglalkozó kísérletében, azonban ott a sórákok mérgezésének a jele nem a redukált elemfelhalmozásban, hanem a csökkent mozgásképességükben nyilvánult meg, mely később a barramundi lárvák kannibalizmusához vezetett. Előzőekkel szemben HAWKYARD et al. (2013) rotatória dúsítására végzett kísérletükben 250 mg/kg-os dúsítási koncentrációig egyenletes nyomelem-felvételt tapasztaltak, amennyiben a szelén szerves formáját használták a kísérletben.

Az *Artemia* sp. életműködése során folyamatosan vizet áramoltat át a szervezetén, mely során történik meg a mikroelem felhalmozódása (REEVE, 1963). Valószínűleg a 100 mg/l-es koncentráció az 500 mg/l-es kezeléshez hasonlóan toxikus hatással bírt a zooplankton számára, azonban a mérgező hatás nem volt olyan erős hogy a sórákok elpusztuljanak 24 óra alatt, de az aktivitásuk jelentősen lecsökkent, melynek következtében nem következett be a várt szelén-felhalmozás. A kontroll esetében a kimutatási határérték közelében volt a mikroelem-koncentráció. Elmondható, hogy az egyes kezelésekből akkumulált Se mennyiségének változása követte az 50 mg/l-es kezelésig a dúsító vízben található Se koncentrációk egymáshoz viszonyított arányát.

A kezelések hatása az *Artemia* sp. Se akkumulációjára a 24 órás dúsítási periódus végén

Kezelés (mg/l)	Se (mg/kg sz.a.)		
0	0,0002 ^a	±	0,000
1	0,670 ^b	±	0,002
5	3,788 ^c	±	0,055
10	6,340 ^d	±	0,037
50	26,914 ^e	±	0,153
100	4,740 ^f	±	0,066
500	-		-

Az oszlopokban eltérő betűvel jelölt eredmények között szignifikáns különbség található ($p < 0,05$)

Az eredményekből látható, hogy a dúsítás során hiperakkumuláció történt, mivel az egyes kezelésekből származó mintákból visszamért Se koncentrációk a vízben beállítottnál jóval magasabbak voltak. GAJBHIYE és HIROTA (1990) megállapította, hogy az *Artemia* sp. igen széles koncentrációban képes elviselni a vízben lévő mikroelemeket, azonban a kísérletemben bizonyítottam, hogy a nanoméretű elemi szelén már 100 mg/l-es dózisban is mérgező hatással bírt az *Artemia* sp. számára. Ezzel szemben NORSWORTHY (2000) kísérletében a 12, és a 15 mg/l-es szelénkoncentráció is toxikusnak bizonyult a sóráknak, azonban – a teljes képehez hozzátartozik, hogy – ezt az eredményt 8 nap elteltével kapta a szerző. Eredményeim egyértelműen bizonyítják a szelén magas toxicitását, KISSA et al. (1984) vizsgálatában a sórák az 1000 mg/l-es kobalt dózist is elviselte, míg a szelén 50 mg/l felett káros hatással bírt. A statisztikai számítások eredményeit a 1. sz. mellékletben tüntettem fel.

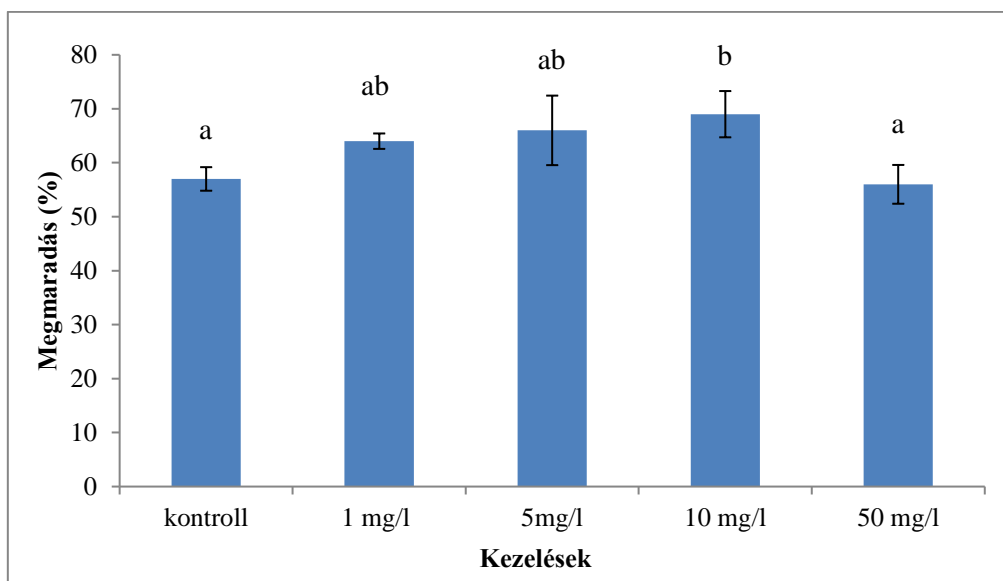
5.2 Nanoszelénnel dúsított *Artemia* sp. etetése vörös árnyékhal lárvákkal

Az etetési kísérletben 4.1. pontban ismertetett protokollt használva történt az *Artemia* sp. szelénnel történő gazdagítása. A 4.1-es fejezetben található eredmények alapján ebben a kísérletben a 100 mg/l-es kezelést nem alkalmaztam. A vizsgálat végén az akváriumok vizének összetételét is elemeztem, melyekben a Se koncentráció a kimutatási határérték alatt volt. Ennek alapján kijelenthető, hogy a kísérlet során a lárvák szervezetébe csak az elfogyasztott élőelesegből kerülhetett be a szelén.

5.2.1 A vörös árnyékhal megmaradása, növekedési üteme (SGR)

A kontroll csoportnál a lárvák megmaradása 57%-os volt. A növekvő dózisu nanoszelén hatására javult a lárvák életképessége, azonban csak a 10 mg/l koncentrációjú kezelés különbözött szignifikánsan a kontroll csoporttól, ahol a legjobb, 69%-os megmaradást

tapasztaltam. A 10 mg/l-nél nagyobb mennyiségben alkalmazott nanoszelen már negatív hatással volt a lárva egészségügyi állapotára, az 50 mg/l Se alkalmazásánál jelentősen kisebb, 56 %-os megmaradást kaptam (4. ábra).



4. ábra: A vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus*) lárva megmaradása (%)

Az eltérő betűvel jelölt eredmények között szignifikáns különbség van (Tukey HSD, $p < 0,05$)

4. táblázat

A vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus*) lárva specifikus növekedési üteme

Kezelés	SGR (%)	Szórás
kontroll	20,22 ^a	± 0,64
1 mg/l	22,29 ^{ab}	± 0,86
5 mg/l	24,52 ^b	± 1,56
10 mg/l	22,34 ^{ab}	± 1,98
50 mg/l	15,77 ^e	± 1,24

Az oszlopokban eltérő betűvel jelölt eredmények között szignifikáns különbség található ($p < 0,05$)

A szelen kiegészítés (5 mg/l) hatására javult a vörös árnyékhal lárva specifikus növekedési üteme (a továbbiakban: SGR), a legkedvezőbb SGR-t az 5 mg/l kezelésnél (24,52%) tapasztaltuk, amely igazolhatóan kedvezőbbnek bizonyult, mint a kontroll kezelésnél kapott SGR (20,22 %). Az 5 mg/l-nél nagyobb dózisban alkalmazott szelen hatására az SGR lényegesen romlott, az 50 mg/l-es kezelés (15,77%) már toxikus volt a lárva számára, a mutató minden kezelésnél – a kontrollnál (20,22%) is – igazolhatóan kisebb volt (4. táblázat).

5.2.2 Testtömeg (*W*), standard hossz (*SL*), kondíció faktor (*K*)

A nanoszelen nemcsak a lárva megmaradására volt pozitív hatással, hanem a növekedést is

kedvezően befolyásolta. A kontroll csoportnál az átlagos testtömeg 0,095 g volt. Az egyes kezelések hatására az 5 mg/l-es dózsig (átlagtömeg: 0,140 g) növekvő tendenciát figyeltem meg a testtömegek alakulásában.

5. táblázat

A nanoszelénnel dúsított élőeleség hatása a vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus*) lárvák növekedésére és kondíció faktorára

Kezelések	Tömeg (W) (g)	szórás	Standard hossz (SL) (mm)	szórás	K faktor	szórás
kontroll	0,095 ^{ab}	± 0,005	16,7 ^{ab}	± 0,5	2,03 ^{NS}	± 0,29
1 mg/l	0,117 ^a	± 0,007	17,3 ^{ab}	± 0,1	2,30 ^{NS}	± 0,20
5 mg/l	0,140 ^a	± 0,018	18,9 ^a	± 0,8	2,07 ^{NS}	± 0,12
10 mg/l	0,106 ^{ab}	± 0,034	17,0 ^{ab}	± 2,1	2,12 ^{NS}	± 0,11
50 mg/l	0,058 ^b	± 0,006	14,6 ^b	± 0,2	1,78 ^{NS}	± 0,26

Az eltérő betűvel jelölt eredmények között szignifikáns különbség van az azonos oszlopokon belül (Tukey HSD, $p < 0,05$); NS = nem szignifikáns

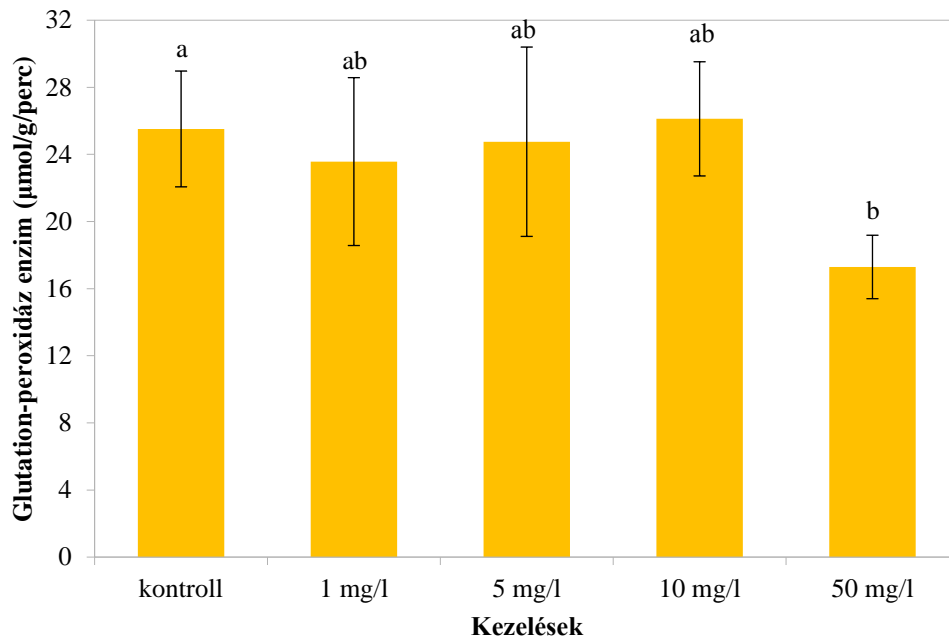
Az 50 mg/l-es csoportban már jelentős csökkenést tapasztaltam, a kezelésnél 0,058 g-os átlagtömeget mértem, ami a kontrollnál is kisebb eredmény.

A hallárvák testhossza a kísérlet végeztével 14,6 mm (50 mg/l) és 18,9 mm (5 mg/l) között változott, mely két érték között statisztikailag igazolható különbséget kaptam. A testhossz tekintetében is – a testtömegekhez hasonlóan – az 5 mg/l kezelést találtam a legjobbnak, és az 50 mg/l-es volt a legrosszabb, ami valószínűleg a túlzott szelén-bevitel toxikus hatásának tudható be. Itt kontrollhoz képest 2,1 mm-rel csökkent a lárvák testhossza, míg az 5 mg/l-es kezelésben 4,3 mm-rel volt nagyobb a lárvák átlagos hossza.

A K-faktor értékeiben is az előző két mutatóhoz hasonló tendenciát lehetett megállapítani, azonban statisztikailag nem tudtam bizonyítani a szelén-kiegészítés pozitív vagy negatív hatását. A K-faktor a kísérlet során a kezelésektől függően 1,78 és 2,3 között változott (5. táblázat).

5.2.3 Glutathion-peroxidáz enzimaktivitás

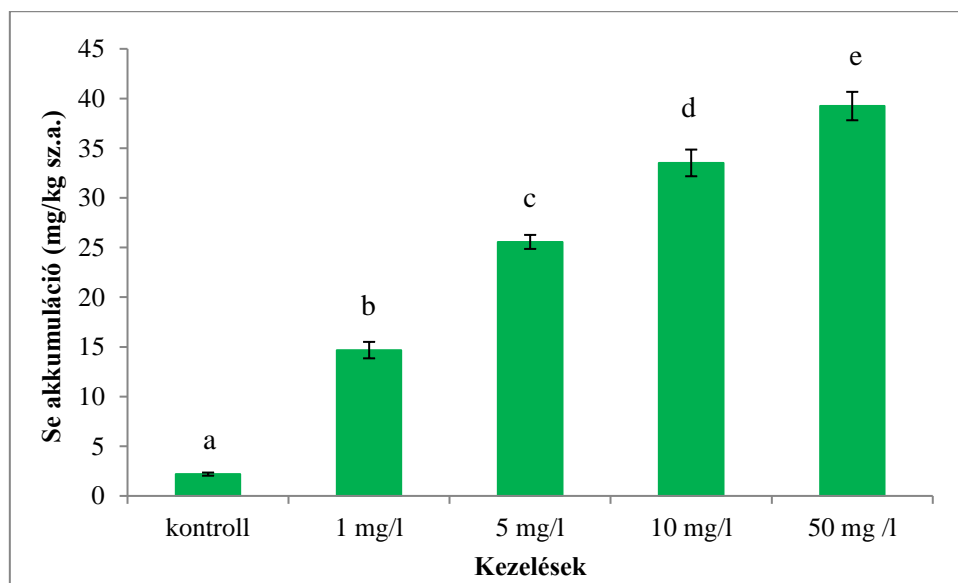
A kezelésnek az ANOVA eredménye alapján nem volt jelentős hatása (5 sz. melléklet) a lárvák glutathion-peroxidáz enzimaktivitására, azonban az 5. ábrán megfigyelhető, hogy jelentősen kisebb értéket kaptunk az 50 mg/l-es kezelésnél a kontrollhoz képest.



5. ábra: GSH-px enzimaktivitás

5.2.4 A lárvák szelén-akkumulációja

A lárvák által akkumulált szelén mennyiségét az 6. ábra szemlélteti. A lárvák szervezetében felhalmozódott szelén 2,19 (kontroll) és 39,24 mg/kg (50 mg Se/l) között változott. Minden kezelés között statisztikailag igazolható különbséget állapítottam meg, mely eredmények igazolták, hogy a nanoszelénnel dúsított élőeleségből a Se beépült a vörös árnyékhal lárvák szervezetébe.



6. ábra: A vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus*) lárvák szelén-akkumulációja

Az eltérő betűvel jelölt eredmények között szignifikáns különbség van (Tukey HSD $p < 0,05$)

5.2.5 Statisztikai összefüggés a kezelések és az egyes mért paraméterek között, a lárvák optimális szelénigényének meghatározása

Az 6. táblázat tartalmazza az összefüggés-vizsgálat eredményét. Közepes erősségű, pozitív összefüggést lehetett megállapítani a lárvák testtömege és glutation-peroxidáz enzim aktivitása ($r=0,533$), valamint a testhossz és glutation-peroxidáz enzimaktivitás ($r=0,591$) között is. Szoros, pozitív irányú kapcsolatot kaptam a hallárvák testtömege és testhossza között ($r=0,963$). E korrelációk nem feltétlenül csak ok-okozati összefüggést jelentenek, hanem valószínűleg annak (is) a következményei, hogy a nanoszelénnel dúsított élőeleség a vizsgált tényezőket egy irányba (pozitív korreláció) mozdította el. Az SGR minden vizsgált tényezővel pozitív kapcsolatban állt. A növekedési ütem szoros összefüggést mutatott a hallárvák tömegével ($r=0,863$) és a testhosszával ($r=0,792$), valamint közepes erősségű összefüggés volt az SGR és a kondíció faktor ($r=0,610$), valamint glutation-peroxidáz enzimaktivitás ($r=0,532$) között.

6. táblázat

A vörös árnyékhal-lárvák mennyiségi mutatói közötti összefüggések vizsgálata Pearson-féle korrelációval

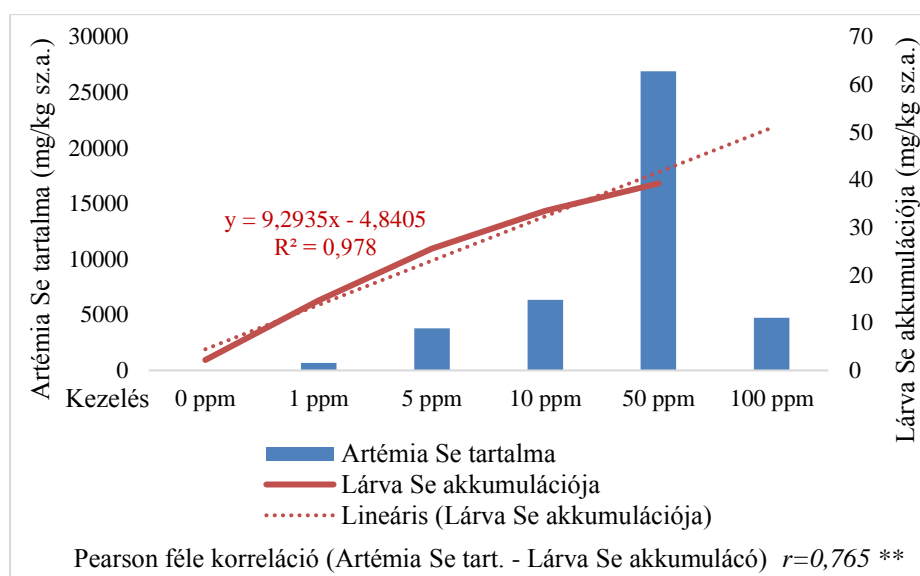
Vizsgált tényezők	Hossz	K-faktor	Gsh-px enzimaktivitás	SGR	Lárva Se akkumuláció
Tömeg	0,963 (**)	0,476 (NS)	0,533 (*)	0,863 (**)	-0,257 (NS)
Hossz		0,254 (NS)	0,591 (*)	0,792 (**)	-0,276 (NS)
K-faktor			0,130 (NS)	0,610 (*)	-0,329 (NS)
Gsh-px enzimaktivitás				0,532 (*)	-0,497 (NS)
Artémia Se tartalma					0,765 (**)

(**) A korreláció szignifikáns SZD 1%-os szinten

(*) A korreláció szignifikáns SZD 5%-os szinten

(NS) Nem szignifikáns

Kerestem a választ arra is, hogy az *Artemiában* akkumulált szelén mennyisége milyen összefüggésben van a lárva által akkumulált szelén mennyiségével. Szoros, pozitív irányú ($r=0,765$) kapcsolatot kaptam, amely egyértelműen bizonyítja, hogy a sórákokban felhalmozódott szelén sikeresen bekerült a lárvák szervezetébe (7. ábra).

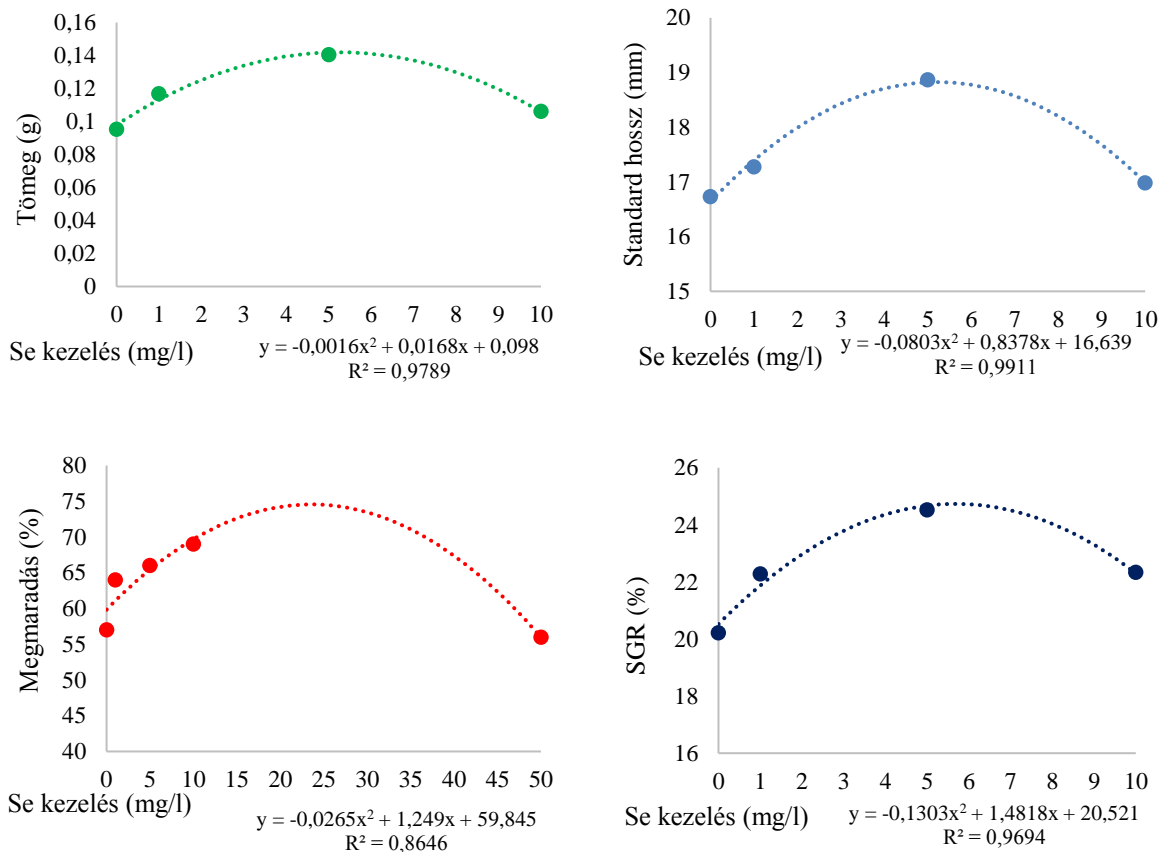


7. ábra: Az Artemiában és a vörös árnyékhal lárvákban felhalmozott szelén mennyisége közötti összefüggésvizsgálat

A kísérlet eredményeinek értékelésekor arra is kerestem a választ, hogy megállapítható-e a rendelkezésre álló adatokból a vörös árnyékhal lárvák számára optimális nanoszelén mennyiség. Ennek számításához regresszióanalízist végeztem, melynél az 50 mg/l-es kezelés eredményeit nem vettük figyelembe a pontosabb függvényilleszkedés érdekében – kivéve a megmaradást –, ugyanis a testtömeg, testhossz és SGR mutatók elemzésekor egyértelműen bizonyítást nyert e koncentráció toxikus volta.

Az optimum számításához trendvonalakat illesztettem a ténylegesen kapott/számolt tömeg-, hossz-, és SGR értékekre (8. ábra). A trendfüggvények illeszkedése alapján igen szoros összefüggést kaptam a vizsgált paraméterek és a szelén alkalmazása között (tömeg: $R^2 = 0,9789$; standard hossz: $R^2 = 0,9911$; SGR: $R^2 = 0,9694$). A trendfüggvényeket deriválva kiszámítottuk azt a Se mennyiséget, ahol a függvény kulminál. Ez az érték testtömegnél 5.25 mg/l, a testhossznál 5,22 mg/l, az SGR-nél 5,69 mg/l értékeknél volt a maximális.

A lárvák megmaradásakor a 10 mg/l-es dózis bizonyult a legjobbnak, azonban az 50 mg/l kezelés már itt is negatív hatással bírt. A regresszió számításnál e mutató esetében az 50 mg/l-es kezelést is feltüntettem, hiszen előfordulhat, hogy a legkedvezőbb Se dózis a megmaradás tekintetében 10-50 mg/l Se között alakul. A trendfüggvények illeszkedése szoros kapcsolatot mutatott a megmaradás és a szelén kezelések között ($R^2 = 0,8646$). A trendfüggvényt deriválva a 23,57 mg/l-dózisnál kaptam a maximumot. Ez az eredmény jelentősen eltér az előzőleg bemutatottaktól, mely valószínűleg annak köszönhető, hogy a 10 és 50 mg/l-es kezelések között nem állt rendelkezésre több adat. A szelén-optimum végső meghatározásakor ez csak feltételesen veendő figyelembe.



8. ábra: A lárva szelén-optimumának meghatározása

Összefoglalva e kísérlet eredményeit megállapítható, hogy a testtömegnél (5,25 mg/l számított dúsítás), testhossznál (5,22 mg/l-es számított dúsítás), illetve az SGR-nél (5,69 mg/l-es számított dúsítás) kapott eredményeink alapján a vörös árnyékhal lárva-nevelésében az optimális szelénkoncentráció az élőeleségben (sz.a.-ra vetítve) 3,94 és 4,30 mg/kg között található, mely érték meghaladja az ivadék számára korábban ajánlott 0,25–0,7 mg/kg (sz.a.) Se közötti értéket (NRC, 1993; LIN és SHIAU, 2005; RIBEIRO et al., 2011). Hasonló eredményre jutott PENGLASE et al. (2010), miszerint az atlanti tőkehal lárva zooplanktonból felvett szelénszükséglete 1,4-3 mg/kg Se (sz.a.) között van, mely háromszor magasabb a tőkehal keltetőkhöz általánosan alkalmazott dúsításnál.

5.3 Formázott takarmány nanoszelén-kiegészítése

A kereskedelemben kapható takarmányok maximális szelén-tartalmát jogszabályok rögzítik azért, hogy az állatok szervezetébe történő túlzott szelén bevitel ne jelenthessen potenciális veszélyforrást az azokat elfogyasztó emberek számára. Hazánkban a hatályos 44/2003. (IV. 26.) FVM rendelet – az EU szabályozással összhangban – 0,5 mg/kg-ban határozza meg ezt az értéket. Előzőekből következően a gyári haltakarmányok mindegyike közel azonos mennyiségben tartalmaz szelént. A különböző halfajok szelén-igénye azonban változó

(DAVIS és GATLIN, 1996).

A takarmány szeléntartalmának hatását korábban vizsgálták már szivárványos pisztrángnál (BELL et al., 1985; HILTON et al., 1980, VIDAL et al., 2005), csatornaharcsánál (GATLIN és WILSON, 1984), atlanti lazacnál (LORENTZEN et al., 1994), illetve kárásznál (WANG et al., 2007b) is, azonban a már keveréktakarmányt fogyasztó vörös árnyékhal ivadék szelénigényéről nem áll rendelkezésre szakirodalmi adat.

Fenti előzmények miatt kísérletemben arra kerestem a választ, hogy egy kereskedelemben kapható haltakarmány elemi szelénnel történő kiegészítése befolyásolja-e a vörös árnyékhal növekedését, termelési paramétereit és testösszetételét (szelén akkumuláció, szabad zsírsav-összetétel). Arra is kíváncsi voltam, hogy a takarmány nano méretű elemi szelénrel való kiegészítése nagyobb dózisban képes-e toxikus hatást kifejteni a halakra.

5.3.1 A különböző kezelésbe tartozó ivadék átlagtömegének változása, biomassza növekedés

A kísérlet kezdetekor a kádakba teljesen homogén állomány ($3,48 \pm 0,03$ g) került betelepítésre, a halak kihelyezéskori testtömege (W_0) között nem volt jelentős különbség (7. sz. melléklet).

A nyolchetes kísérlet végén azt tapasztaltam, hogy a 10,5 mg/kg-os kezelésben a halak átlagtömege igazolhatóan kisebb volt, mint a kontroll csoportban (7. táblázat), ami vélhetően a szelén toxikus koncentrációjának tudható be. A többi csoport között statisztikailag is igazolható különbséget nem találtam. A rendszeres heti mérésekkel kapott testtömegek kiértékelésekor több kezelés között is megfigyeltem statisztikailag igazolható különbségeket, azonban a 10,5 mg/kg-os kezelés minden héten a legrosszabbnak bizonyult. A rendszervíz szelén-tartalmát folyamatosan monitoroztam, azonban az nem mutatott mérhető változást, tehát a kapott eredmények a halak szervezetébe a takarmánnyal bejuttatott szelénnek köszönhetőek (4.3.3 fejezet). FEHÉR et al. (2013) előnevelt barramundi ivadékkal végzett kísérletében hasonló tapasztaltak, ugyanis a takarmány mikroelemekkel (kobalt, mangán, cink) való dúsítása csak az első 4 hétben okozott statisztikailag igazolható különbségeket ($p < 0,05$) a tömeggyarapodásban a kezelések között, amely különbségek a kísérlet végére elűntek.

Az eredményeinkkel szemben GATLIN és WILSON (1984) csatornaharcsával (*Ictalurus punctatus*) végzett kísérletükben egyértelműen bizonyította a takarmány szelénkiegészítés növekedésre gyakorolt pozitív hatását. ZHOU et al. (2009) hasonló eredményre tettek szert,

ugyanis vizsgálatukban a kontrollhoz képest a nanoszelénnel kiegészített keveréktakarmány etetése jelentősen javította a kárász tömeggyarapodását.

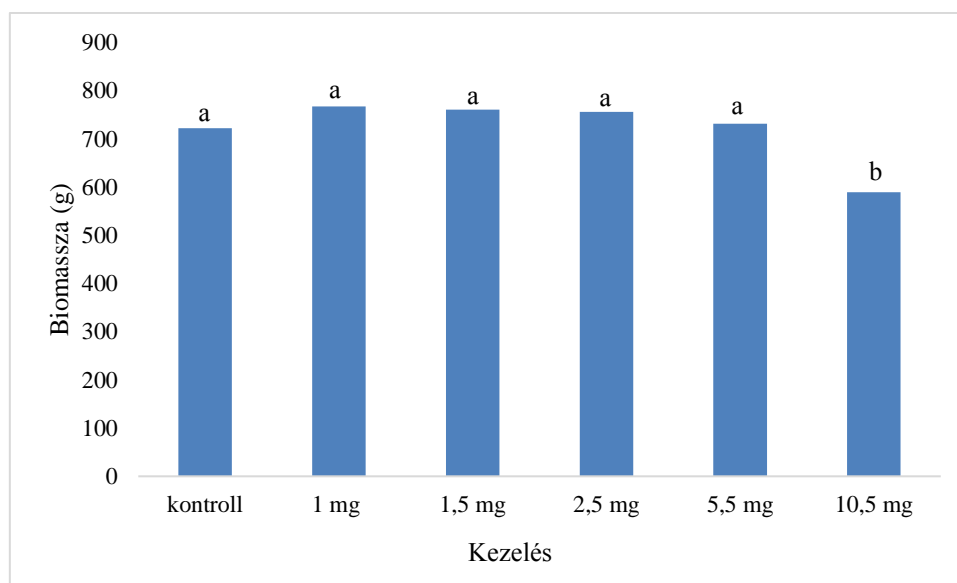
7. táblázat

Az ivadék átlagtömegének változása a 8 hetes kísérlet során (g)

Hetek száma	kontroll	Szórás	1 mg Se/kg	Szórás	1,5 mg Se/kg	Szórás	2,5 mg Se/kg	Szórás	5,5 mg Se/kg	Szórás	10,5 mg Se/kg	Szórás
kihelyezés	3,49 ^a	± 0,01	3,52 ^a	± 0,01	3,49 ^a	± 0,00	3,44 ^a	± 0,06	3,44 ^a	± 0,05	3,49 ^a	± 0,05
1. hét	6,15 ^a	± 0,29	5,83 ^a	± 0,00	5,77 ^a	± 0,15	5,53 ^b	± 0,19	5,73 ^b	± 0,17	5,11 ^c	± 0,31
2. hét	8,09 ^a	± 0,03	8,22 ^a	± 0,41	8,49 ^a	± 0,36	8,42 ^a	± 0,22	8,45 ^a	± 0,10	7,31 ^b	± 0,27
3. hét	10,21 ^a	± 0,20	10,95 ^a	± 0,55	10,63 ^a	± 0,42	10,68 ^a	± 0,25	10,74 ^a	± 0,17	9,17 ^b	± 0,76
4. hét	13,44 ^{ab}	± 0,99	13,65 ^a	± 0,39	13,46 ^{ab}	± 0,29	13,30 ^{ab}	± 0,22	13,86 ^b	± 0,09	12,23 ^b	± 1,28
5. hét	16,27 ^{ab}	± 0,60	17,05 ^a	± 0,59	16,45 ^{ab}	± 1,00	16,28 ^{ab}	± 0,04	16,60 ^{ab}	± 0,04	14,65 ^b	± 2,24
6. hét	19,28 ^{ab}	± 1,08	19,79 ^a	± 0,07	19,18 ^{ab}	± 0,96	18,81 ^{ab}	± 0,03	18,98 ^{ab}	± 0,70	17,00 ^b	± 2,75
7. hét	24,02 ^a	± 1,95	23,93 ^a	± 0,29	22,98 ^{ab}	± 1,16	22,65 ^{ab}	± 0,74	22,81 ^{ab}	± 0,91	20,41 ^b	± 2,49
8. hét	26,73 ^a	± 2,41	25,99 ^{ab}	± 1,16	26,24 ^{ab}	± 1,19	25,62 ^{ab}	± 0,50	25,25 ^{ab}	± 1,38	23,06 ^b	± 3,15

Az azonos sorokban az eltérő betűvel jelölt eredmények között szignifikáns különbség van (Tukey HSD, $p < 0,05$)

Az ivadék biomasszájának vizsgálatokor jelentősen kisebb értéket kaptam a 10,5 mg Se/kg-os kezelésnél (589 g) a többi kezeléshez képest, amíg ezek a kontrolléhoz hasonlóan alakultak (722-767 g), közöttük statisztikailag igazolható különbség nem volt (9. ábra). Ez az eredmény a 10,5 mg/kg-os kezelés toxikus voltát mutatja.



9. ábra: A nanoszelen kiegészítés hatása a vörös árnyékhal biomasszájára

Az eltérő betűvel jelölt eredmények között szignifikáns különbség van (Tukey HSD, $p < 0,05$)

5.3.2 Termelési paraméterek vizsgálata (S, WG, FCR, SGR)

A kísérlet során a megmaradás (S) a keveréktakarmány nanoszelén kiegészítésének hatására az 1; 1,5; 2,5; és az 5,5 mg/kg-os kezelésben is igazolhatóan kedvezőbb volt, mint a kontroll (90 ± 0 %) és a 10,5 mg/kg-os csoport (85 ± 2 %), ugyanakkor a többi kezelés között érdemi különbség nem volt (8. táblázat). Kannibalizmust, jelentős szétnövést egyik kezelésnél sem tapasztaltam.

8. táblázat

Növekedési és takarmányértékesítési mutatók, illetve a megmaradás vizsgálata

Kezelések	SGR (%)	szórás	FCR (g/g)	szórás	WG (%)	szórás	S (%)	szórás
kontroll	3,70 ^a	±0,16	0,80 ^a	±0,04	665 ^{NS}	±66	90 ^a	±0
1 mg Se/kg	3,64 ^{ab}	±0,09	0,79 ^a	±0,06	638 ^{NS}	±36	98 ^b	±2
1,5 mg Se/kg	3,67 ^{ab}	±0,08	0,77 ^a	±0,04	653 ^{NS}	±35	97 ^b	±5
2,5 mg Se/kg	3,65 ^{ab}	±0,07	0,77 ^a	±0,01	645 ^{NS}	±28	98 ^b	±2
5,5 mg Se/kg	3,63 ^{ab}	±0,12	0,82 ^a	±0,01	635 ^{NS}	±50	97 ^b	±5
10,5 mg Se/kg	3,43 ^b	±0,22	0,90 ^b	±0,08	559 ^{NS}	±80	85 ^a	±2

Az azonos oszlopokban az eltérő betűvel jelölt eredmények között szignifikáns különbség van (Tukey HSD, $p < 0,05$) NS=nem szignifikáns

A specifikus növekedési ütem (SGR) csökkenő tendenciát mutatott a növekvő kezelésekben (8. táblázat). A kontroll csoportnál ez 3,7 % volt, amely jelentősen jobbnak bizonyult, mint a 10,5 mg/kg kezelésnél számított érték (3,43 %).

A takarmányértékesítés (FCR) értékei rendkívül kedvezően alakultak, 0,77 – 0,90 g/g között változtak a kezeléstől függően. A 10,5 mg/kg-os dózisonál számolt FCR statisztikailag igazolhatóan is különbözött a kontrolltól és az összes többi kezeléstől, mely a szelén-dózis toxikusságára enged következtetni. Jobb takarmányértékesítést az 1,5 és a 2,5 mg/kg-os csoportnál kaptam (8. táblázat).

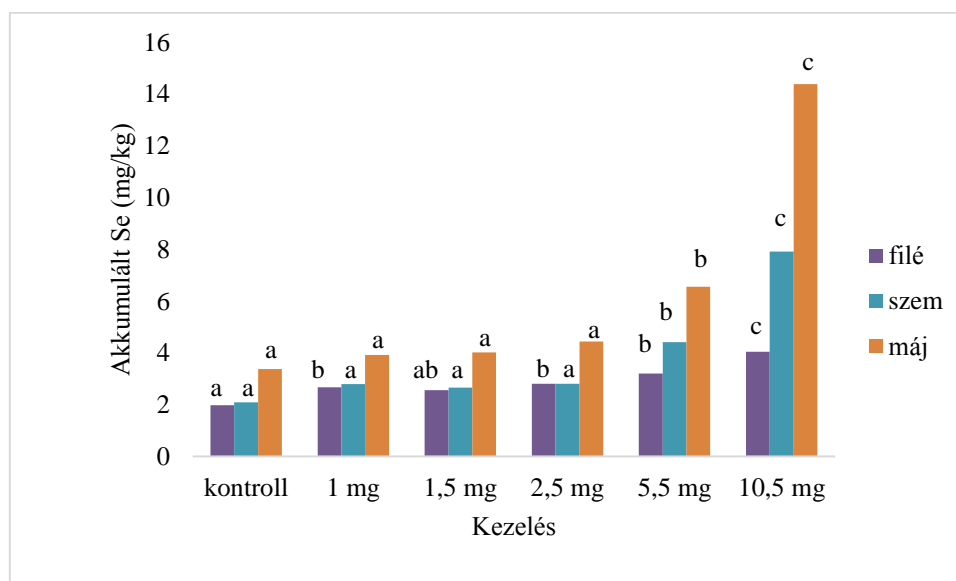
A nanoszelénnel dúsított takarmány etetése nem volt szignifikáns hatással az ivadék testtömeg-gyarapodására (WG). A legkisebb értéket ennél a mutatónál is a 10,5 mg/kg-os kezelésnél kaptam (559 %), míg a legnagyobb a kontroll csoport esetében volt (665 %).

Összefoglalásaként megállapítható, hogy a 10,5 mg/kg-os csoportnál az átlagtömeg, a biomassa és a takarmányértékesítés tekintetében is jelentősen rosszabb eredményt találtam. Ez a megfigyelés megközelíti HILTON et al. (1980) és GATLIN és WILSON (1984) megállapításait, miszerint a száraz takarmány 13-15 mg/kg-os szeléntartalma okoz toxikus hatást a halak számára. HILTON és HODSON (1983) már a 10 mg/kg-os szelénkoncentrációt

is toxikusnak találta a pisztráng számára. HICKS et al. (1984) a keveréktakarmány 11,4 mg/kg-os mikroelemtartalmáról állapították meg a szivárványos pisztrángra gyakorolt mérgező hatását, mely hasonló a kísérletünk eredményéhez. HAMILTON et al. (1990) a chinook lazacnál a 9,6 mg/kg-os koncentrációt találták toxikusnak, míg TEH et al. (2004) a splittail (*Pogonichthys macrolepidotus*) lárváknál a 6,6 mg/kg-os kezelésnél igazolták a túlzott mikroelem bevitel hátrányos hatását. LEE et al. (2008) is a kísérletünkhöz hasonló eredményt kaptak a fekete tengeri keszeg (*Acanthopagrus schlegeli*) ivadék esetében, ugyanis az élőeleség 12,3 mg/kg-os nátrium-szelenát tartalmának toxikusságát nem csak a termelési paraméterek rosszabbodása, hanem a belső szervek károsodása is alátámasztotta. Előzőek alapján megállapítható, hogy a nanoszelen az előzetes várakozásaim ellenére a többi szelenformához hasonló toxikussággal bírt.

5.3.3 Szelen akkumuláció a különböző szervekben (szem, máj, izomszövet)

A kísérletet követően megvizsgáltam az ivadék egyes szerveiben felhalmozódott szelen mennyiségét. Analizáltam a halak máját, melyben – méregtelenítő szerv lévén – reprezentatív lehet a nyomelem mennyisége, de a szemben és a halhúsban felhalmozódott mikroelem mennyiségét is megmértem. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a halak szerveiben nem egyenletesen került tárolásra a szelen (10. ábra). Legtöbbet a májban találtam, ennél lényegesen kevesebb volt a szemben, míg a legkisebb mennyiség a halhúsban halmozódott fel. Itt valószínűleg csak az a nyomelem volt található, ami más szervekben már nem tudott raktározódni, mely bizonyítja, hogy a szelen akkumulációja eltérő az egyes szervekben.

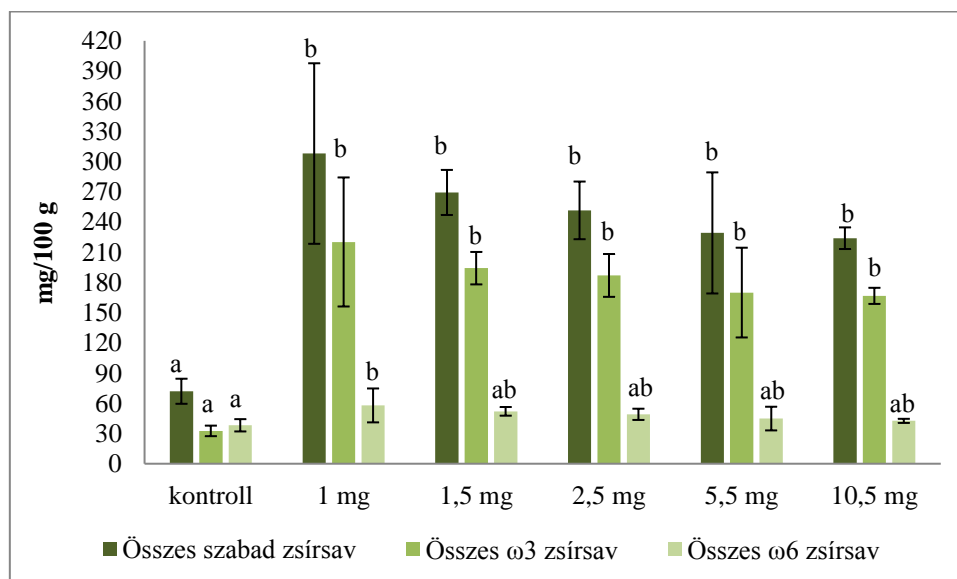


10. ábra: A kezelések hatására bekövetkező szelen akkumuláció a vörös árnyékhal különböző szerveiben

Az azonos adatsorhoz tartozó oszlopok közötti szignifikáns eltérést eltérő betűvel jelöltük (Tukey HSD, $p < 0,05$)

Várakozásomnak megfelelően a máj tárolta a legtöbb szelént, mely értékek – kezeléstől függően – 3,38-14,37 mg/kg között változtak. A takarmányban lévő szelén dózisának növelésével folyamatosan emelkedett a nyomelem koncentrációja a májban (10. ábra), a legtöbb mikroelem a 10,5 mg/kg-os kezelésnél halmozódott fel, mely jelentősen nagyobb volt a többi csoportnál. Az 5,5 mg/kg-os kezelés értékei szintén igazolhatóan különböztek a kontrolltól, illetve azoktól a csoportoktól, melyek ennél kevesebb szelént vettek fel a takarmánnyal. A máj, mint fontos raktározó szerv, a kontroll esetén 171 %-kal, a 10,5 mg Se/kg-os kezelésnél 356 %-kal több szelént raktározott, mint a filé. A szemből mért értékek is a májéhoz hasonló tendenciát mutattak, azonban az itt tárolt nyomelem mennyisége lényegesen kevesebb volt, mindösszesen 2,09-7,91 mg/kg között változott. A szemben akkumulált szelén mennyisége 2,5 mg Se/kg dóziséig nem különbözött jelentősen a kontrolltól, melynek oka az lehet, hogy a halak a takarmánnyal felvett nyomelem nagy részét felhasználták, így az nem tudott felhalmozódni. A dózis növelésével (5,5 és 10,5 mg Se/kg), folyamatosan nőtt a tárolt szelén mennyisége is. A legtöbb szelént a 10,5 mg/kg-os csoport filéjéből mértük, mely statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt a többi kezelésnél. Az 1,5 mg/kg-os csoport kivételével a többi kezelés filéjének nyomelem-koncentrációja szignifikánsan különbözött a kontrolltól. Az 1; 1,5; 2,5 és az 5,5 mg/kg-os kezelések között valószínűleg azért nem volt érdemi különbség, mert nem jutott be a halak szervezetébe annyi nyomelem, amelyet nem tudtak felhasználni, vagy akkumulálni más szervekben (máj, szem).

5.3.4 Az ivadék szabad zsírsav-tartalma és zsírsav-összetétele



11. ábra: Az ivadék összes szabad zsírsav-tartalma, illetve a szabad zsírsavban található ω 3 - és ω 6 zsírsavak mennyisége

Az azonos adatsorhoz tartozó oszlopok közötti szignifikáns eltérést eltérő betűvel jelöltük (Tukey HSD, $p < 0,05$)

A szabad zsírsavak a szelénhez hasonlóan a szervezet antioxidáns rendszerében vesznek részt, ezért a kísérlet végén megvizsgáltam, hogy az egyes kezelések hatására megváltozott-e a szabad zsírsav koncentráció. Az 11. ábrán látható, hogy a kontrollhoz (72 mg/100 g) képest az összes kezelésben statisztikailag igazolhatóan nagyobb értéket mértem, azonban a legtöbb szabad zsírsav az 1 mg/kg-os csoportban (308,1 mg/100 g) volt. Az ennél nagyobb kezeléseknél enyhén csökkenő tendenciát figyeltem meg, mely nem volt szignifikáns.

A takarmány nanoszelen-kiegészítésének hatására a kontrollhoz képest nőtt az összes szabad zsírsav ω 3- és ω 6 csoportba tartozó zsírsavainak mennyisége is. Az ω 3 zsírsavak mennyisége az összes kezelésben statisztikailag is igazolhatóan nagyobb volt a kontrollhoz képest, a legnagyobb mennyiségben az 1 mg/kg-os csoportban volt jelen (220,2 mg/100 g). Ezzel szemben az ω 6 zsírsavak (57,9 mg/100 g) kizárólag ebben a csoportban tértek el jelentősen a kontrolltól.

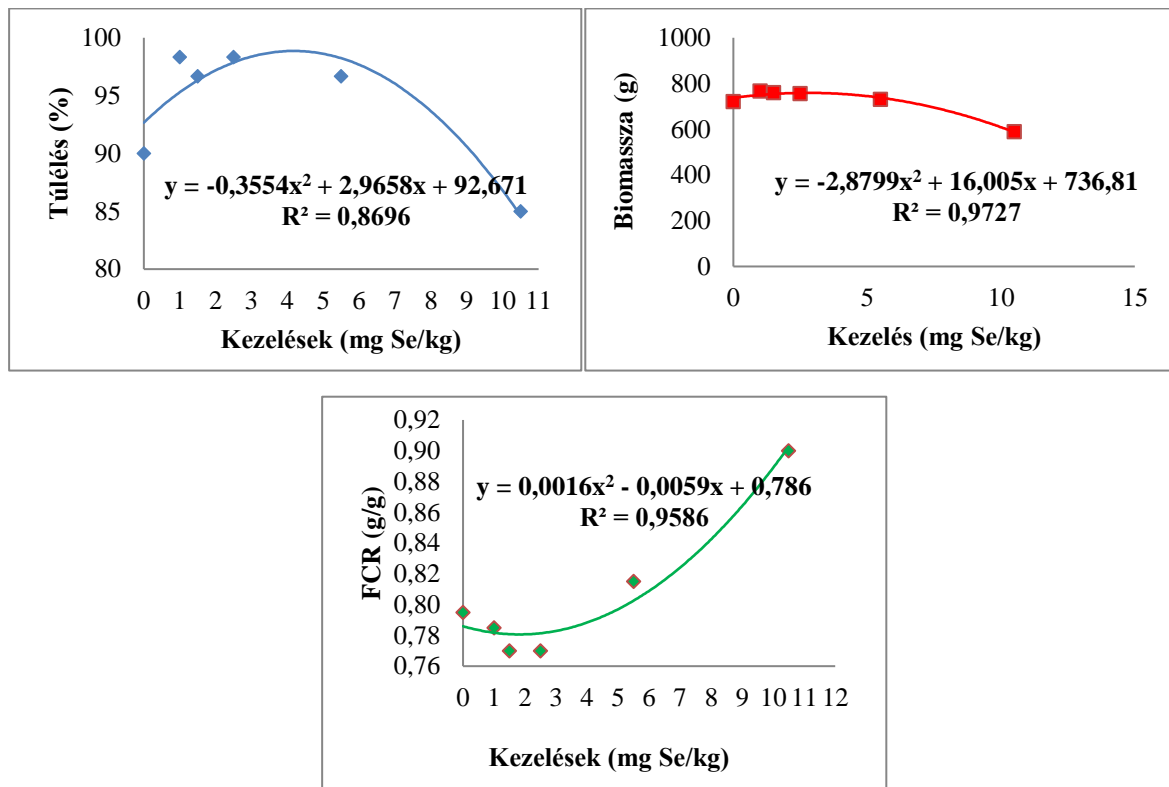
A kontrollnál az összes ω 3 - és ω 6 zsírsav mennyisége közel azonosan alakult, 32,6 mg-ot és 38,1 mg-ot mértünk 100 g-ra viszonyítva. A takarmány növekvő dózisú szelénkiegészítésével összefüggésben, az ω 3- és az ω 6 zsírsavak közel azonos aránya is eltolódott, az összes szabad zsírsav 71,5-74,4 %-át az ω 3 zsírsav tette ki.

5.3.5 Az ivadék számára optimális szelén-dózis meghatározása, statisztikai összefüggés vizsgálat az egyes mutatók között

A vörös árnyékhal ivadéknevelésénél szükséges optimális szelénmennyiség meghatározásához regresszió számítását végeztem bizonyos termelési mutatókra. A kísérletben számított értékekre polinom függvényeket illesztettem, majd a polinomiális regressziós függvényt deriválva megkaptam az adott paraméter maximális értéke szerinti szelénkoncentrációt.

Az ivadék megmaradása szignifikánsan jobbnak bizonyult az 5,5 mg/kg-os kezelésig a kontrollhoz képest. A trendfüggvény illeszkedése alapján igen szoros összefüggés volt a túlélési arány és a takarmány szelén kiegészítése között ($R^2 = 0,8696$). Az egyenletből kiszámítottam azt a Se mennyiséget, ahol a függvény eléri a maximumát. Ez a túlélésnél 4,2 mg/kg-nál volt, ennek alapján az ivadék megmaradására a keveréktakarmány nagyobb szeléntartalma már negatív hatással bírt (12. ábra). A takarmány nanoszelenel történő kiegészítése pozitív hatással volt a takarmányértékesítésre, azonban a 10,5 mg/kg dózisonál számolt FCR értékei már jelentősen romlottak. A legjobb takarmányértékesítést az 1,5 és a 2,5 mg/kg-os csoportnál kaptam, azonban a polinom függvény segítségével pontosan meg tudtuk határozni a takarmány optimális szelén-tartalmát. A legkisebb FCR-t az 1,8 mg/kg-nál

számoltam, az ennél több nyomelem már rontotta az értékeket.



12. ábra: Az ivadék számára optimális szelén-dózis meghatározása

A biomassza értékek a kontrollhoz képest nagyobbak voltak az 5,5 mg/kg kezelésig, azonban a 10,5 mg Se/kg dózis már ennél a mutatónál is toxikusnak bizonyult. A trendfüggvény illeszkedése szerint igen szoros összefüggés volt a biomassza mennyisége és a szelén alkalmazása között ($R^2 = 0,9727$), az egyenlet alapján a keveréktakarmány 2,8 mg/kg-os kiegészítésénél kaptam a legnagyobb biomassza mennyiséget.

9. táblázat

Az ivadék termelési paramétereit és az egyes szervekben akkumulált szelén közötti összefüggések vizsgálata Pearson-féle korrelációval

Vizsgált tényezők	máj Se tartalma	szem Se tartalma	filé Se tartalma
Testtömeg gyarapodás	-0,652(**)	-0,704(**)	-0,690(**)
Biomassza	-0,800(**)	-0,811(**)	-0,599(**)
Túlélés	-0,685(**)	-0,648(**)	-0,295 (NS)
FCR	0,761(**)	0,797(**)	0,574(*)
SGR	-0,671(**)	-0,710(**)	-0,692(**)
WG	-0,662(**)	-0,703(**)	-0,695(**)
máj Se tartalma		0,988(**)	0,886(**)
szem Se tartalma			0,898(**)

(**) A korreláció szignifikáns SZD 1%-os szinten

(*) A korreláció szignifikáns SZD 5%-os szinten

(NS) Nem szignifikáns

A kísérlet során vizsgált mennyiségi mutatók közötti kapcsolatok megállapításához Pearson-féle korrelációt számítottam. A vizsgálatokban a 0,5 alatti értékkel jellemezhető korrelációt gyengének, a 0,5-0,7 közötti r értékeket közepesnek, míg a 0,7 feletti korrelációs együttható esetén a kapcsolatot szorosnak tekintettem. Az 9. táblázat tartalmazza az összefüggés-vizsgálat eredményét.

A májban és a filében felhalmozott Se negatív közepes kapcsolatban állt a testtömeggyarapodással, míg a szemben található Se szoros, negatív irányú összefüggésben ($r = -0,704$) volt a tömeggyarapodással. A túlélés és a máj- ($r = -0,685$), valamint a szem Se tartalma ($r = -0,648$) között is közepes erősségű, ellentétes irányú kapcsolatot találtam. A filé Se tartalma is hasonló, de jóval gyengébb kapcsolatban volt a megmaradással, azonban ezt statisztikailag nem tudtam igazolni. Az FCR és a szervek Se tartalma között pozitív közepes és erős összefüggést lehetett kimutatni (9. táblázat), azaz minél több volt az akkumulált nyomelem, a takarmányértékesítés romlott.

A halak specifikus növekedési üteme (SGR) is közepes-erős összefüggésben volt a különböző szervekben felhalmozott Se-nel, előjelük minden esetben negatív volt. A WG-nél is hasonló tendenciát tapasztaltam, melyet statisztikailag is igazolt a Pearson-féle korreláció (máj Se tartalma és a WG között $r = -0,662$; szem Se tartalma és a WG között $r = -0,703$; filé Se tartalma és a WG között $r = -0,695$). Fentiek alapján bizonyítani lehetett a halak egyes szerveiben felhalmozott nyomelem mennyiségének az ivadék termelési paraméterekre gyakorolt közvetlen hatását, azaz a kísérlet során kapott eredmények egyértelműen a takarmány szelén kiegészítésének köszönhetőek.

Attól függetlenül, hogy a Se különböző mértékben akkumulálódott a halak vizsgált szerveiben, az összefüggés-vizsgálat alapján látható, hogy a felhalmozott nyomelem-koncentrációk között is szoros kapcsolat található.

5.4 Magnéziummal kiegészített takarmány vizsgálata vörös árnyékhal ivadékkal végzett etetési kísérlet keretében

A korábbi kísérleteim során rendszeresen pótolni kellett a magnéziumot a halak vizébe a megfelelő egészségi állapot fenntartásához. Ezt kiküszöbölendő ebben a kísérletben azt vizsgáltuk, hogy az árnyékhalak magnézium-szükséglete kielégíthető-e a makroelem rendszervíz helyett közvetlenül a takarmányba jutattásával.

A kísérlet részletes kiértékelésekor nem készítettünk optimumszámítást, mert a különböző

kezelések hatására nem, vagy csak egyes paramétereknél találtunk az eredmények között statisztikailag igazolható különbségeket.

5.4.1 A különböző kezelésbe tartozó ivadék átlagtömegének változása, növekedése és kondíció faktora

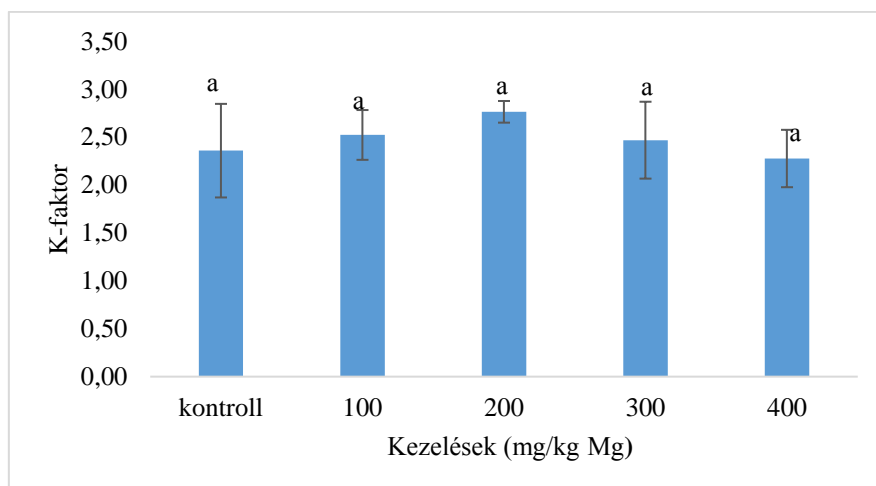
10. táblázat

Az ivadék átlagtömegének változása a magnéziummal kiegészített takarmány etetési kísérlet során (g)

hetek száma	kontroll	100 mg/kg	200 mg/kg	300 mg/kg	400mg/kg
kihelyezéskori	14,7 ^a ±3,9	14,4 ^a ±3,8	14,5 ^a ±3,6	14,5 ^a ±3,4	14,8 ^a ±4,2
1.	16,4 ^a ±0,5	16,5 ^a ±0,1	15,9 ^a ±0,8	16,4 ^a ±1,1	15,8 ^a ±1,5
2.	18,0 ^a ±0,9	17,6 ^a ±0,9	17,5 ^a ±2,6	18,2 ^a ±2,1	18,2 ^a ±1,8
3.	20,9 ^a ±1,7	20,2 ^a ±0,9	20,2 ^a ±2,6	20,9 ^a ±2,1	20,5 ^a ±1,8
4.	22,1 ^a ±2,3	21,7 ^a ±0,6	22,1 ^a ±1,7	22,9 ^a ±1,1	23,4 ^a ±2,7
5.	24,4 ^a ±2,5	24,0 ^a ±1,2	24,6 ^a ±3,6	25,3 ^a ±0,9	26,1 ^a ±3,9
6.	28,6 ^a ±4,5	28,0 ^a ±2,7	28,9 ^a ±5,7	29,6 ^a ±1,0	30,1 ^a ±5,0
7.	33,5 ^a ±6,4	32,1 ^a ±2,6	33,1 ^a ±7,8	34,3 ^a ±2,4	35,0 ^a ±6,8
8.	35,5 ^a ±6,0	34,2 ^a ±2,1	35,6 ^a ±8,1	36,6 ^a ±3,7	37,8 ^a ±8,0

Az azonos sorokban az eltérő betűvel jelölt eredmények között szignifikáns különbség van (Tukey HSD, $p < 0,05$)

A kísérlet kezdetekor a kihelyezett állomány teljesen homogén volt, az egyedi testtömegek ($14,6 \pm 3,8$ g) között nem tapasztaltunk statisztikailag igazolható különbséget (10. sz. melléklet).



13. ábra: A Mg kezelések hatása a vörös árnyékhalak kondíciójára

Az eltérő betűvel jelölt eredmények között szignifikáns különbség van (Tukey HSD $p < 0,05$)

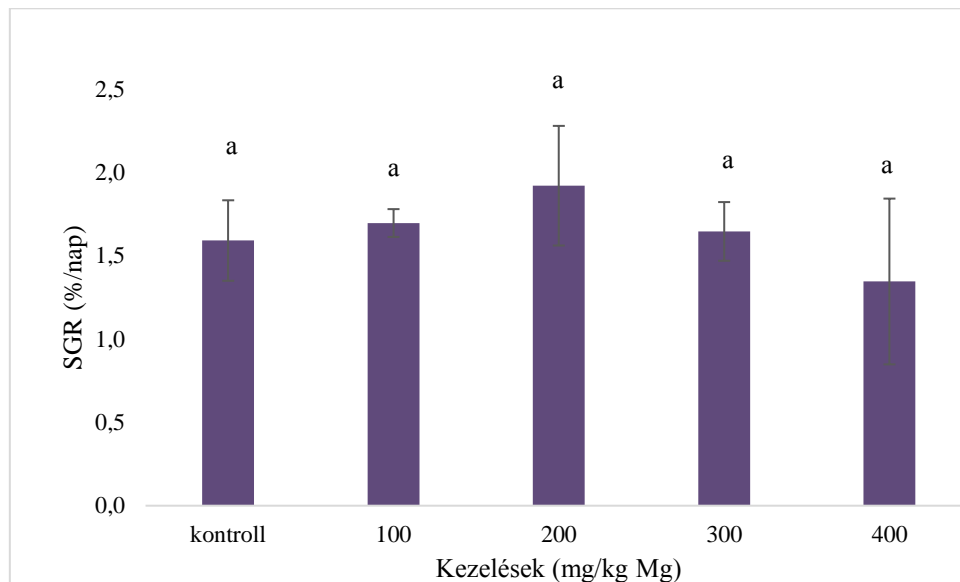
A 8 hetes kísérlet végén a legnagyobb átlagtömeget a 200 mg/kg-os kezelésnél kaptam ($42,06 \pm 8,15$ g), míg a legkisebb a 400 mg/kg-os csoport ivadékainál volt ($31,53 \pm 7,90$ g), azonban még e két kezelés között sem lehetett statisztikailag igazolni az eltérést. A heti

mérések alkalmával kapott átlagtömegek között sem találtam jelentős különbséget, az egyes kezelések átlagtömege a 8. hét végére is viszonylagos egyezőséget mutatott (10. táblázat). Előzőek alapján kijelenthető, hogy a keveréktakarmány magnézium kiegészítése nem befolyásolta a halak lehalászás kori tömegét.

A halak K-faktorának vizsgálatakor statisztikailag igazolható különbségeket nem találtam az egyes kezelések között, azonban az a kontrollhoz képest (2,36) – a 400 mg/kg-os kezelés kivételével – mindegyik csoportban nagyobb volt. A legkedvezőbb kondíciója a 200 mg/kg-os kezelésbe (2,76) tartozó halaknak volt, azonban ez sem különbözött igazoltan a többitől (13. ábra).

5.4.2 Termelési paraméterek vizsgálata (S, WG, FCR, SGR)

A specifikus növekedési ütemben (SGR) sem volt tapasztalható jelentős eltérés az egyes csoportok között, a mutató értéke kezeléstől függően 1,34-1,70 %/nap között változott (14. ábra). Az ivadék SGR-je a kontrolltól a 200 mg/kg kezelésig növekedett, majd a 300 és 400 mg/kg-os kezelésnél csökkenő tendenciát tapasztaltam, mely hasonló volt K-faktornál megfigyelthez. A legnagyobb testtömeg-gyarapodást a 200 mg/kg-os kezelésnél, míg a legkisebb SGR-t a 400 mg/kg-os kezelés találtam.

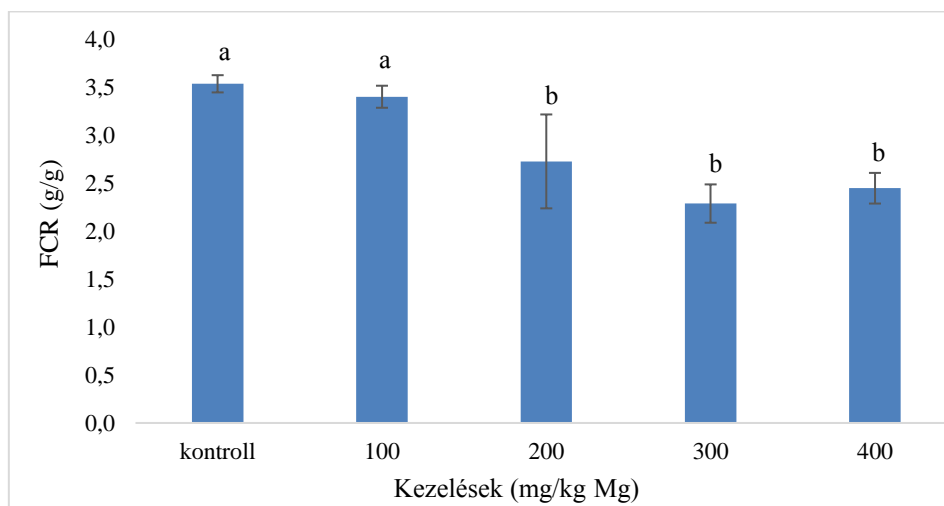


14. ábra: A Mg kezelések hatása a vörös árnyékhalak specifikus növekedési ütemére

Az eltérő betűvel jelölt eredmények között szignifikáns különbség van (Tukey HSD $p < 0,05$)

A takarmányértékesítés (FCR) értéke $2,29 \pm 0,20$ g/g és $3,54 \pm 0,09$ g/g között változott kezeléstől függően (15. ábra). A kontrollhoz és a 100 mg/kg-os csoporthoz képest a 200, 300 és a 400 mg/kg-os kezelés értékei igazolhatóan kedvezőbbnek bizonyultak. A legjobb

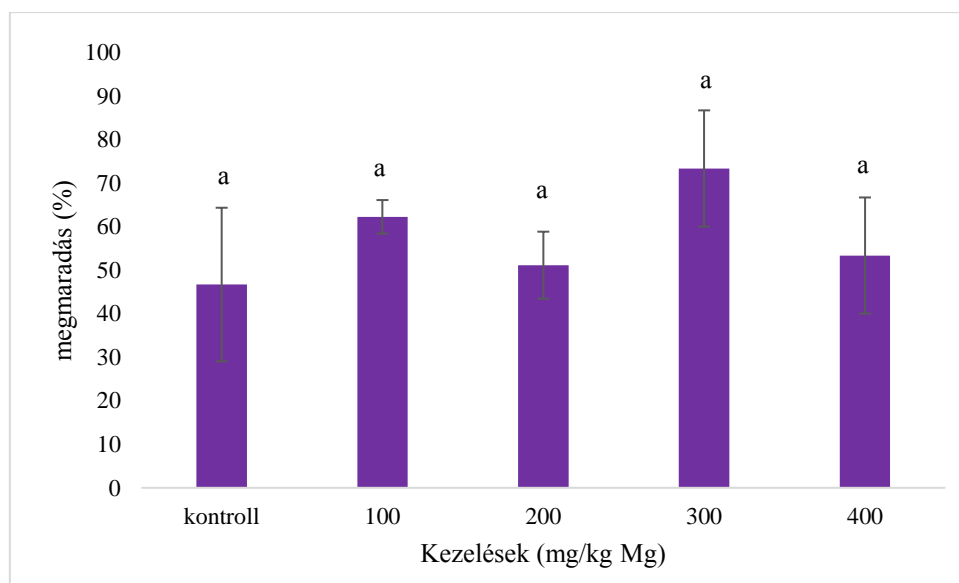
takarmányértékesítést ($2,29 \pm 0,20$ g/g) a 300 mg/kg-os csoportban kaptam.



15. ábra: A Mg kezelések hatása a vörös árnyékhalk takarmányértékesítésére

Az eltérő betűvel jelölt eredmények között szignifikáns különbség van (Tukey HSD $p < 0,05$)

Fontos megjegyezni, hogy a kísérlet során egy saját magunk által összeállított takarmányt használtam, mely beltartalmi paraméterei (4.4.1. fejezet) jelentősen elmaradtak a kereskedelemben kapható granulált takarmányokétól, így ezzel magyarázható az ilyen korú halaknál „megszokott” 0,9 – 1,2 közötti értékeknél rosszabb takarmányértékesítés.

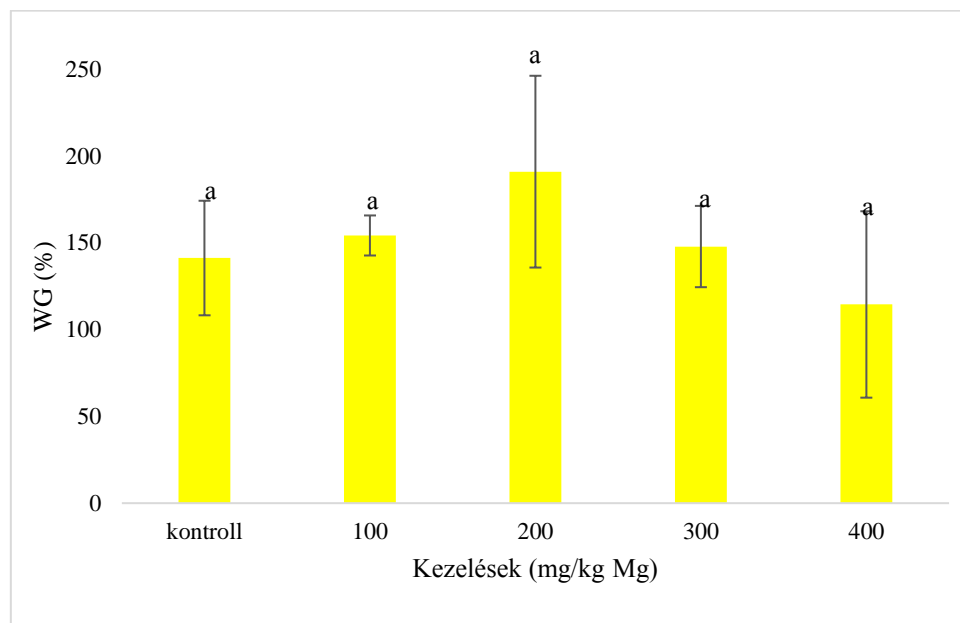


16. ábra: A vörös árnyékhalk ivadék megmaradása a kísérlet végén

Az eltérő betűvel jelölt eredmények között szignifikáns különbség van (Tukey HSD $p < 0,05$)

A kontrollhoz képest minden más csoportban jobb volt a megmaradás (16. ábra), azonban ezt statisztikailag nem lehetett igazolni. A legtöbb halat a 300 mg/kg-os kezeléssel halásztam le, (73 ± 13 %), ami jelentősen jobb volt, mint a kontrollnál tapasztalt 47 ± 18 %-os megmaradás. Számításom szerint ezt a különbséget nem sikerült statisztikailag bizonyítani.

Az SGR-hez hasonló tendencia volt megfigyelhető a WG-nél is, azaz a halak testtömeggyarapodása a kontrolltól a 200 mg/kg kezelésig növekedett, ezt követően csökkent.



17. ábra: A Mg kezelések hatása a vörös árnyékhalak testtömeggyarapodására

Az eltérő betűvel jelölt eredmények között szignifikáns különbség van (Tukey HSD $p < 0,05$)

A legnagyobb értéket a 200 mg/kg-os kezelésnél (191 ± 55 %), míg a legkisebbet a 400 mg/kg-os kezelésnél (115 ± 54 %) kaptam. Statisztikai különbséget azonban ennél a mutatónál sem találtam a kezelések között. A kísérlet során bizonyos csoportokban jelentős szétnövést tapasztaltam, ez okozta a 17. ábrán látható viszonylag nagy szórásintervallumot.

5.4.3 Magnézium és kalcium koncentráció a csontban és az izomban

A kísérlet végén minden kádból 3-3 db halat halásztam le, melyeket elemanalízisnek vettem alá. A halak filéjének vizsgálatakor azt tapasztaltam, hogy a takarmány magnézium tartalmának emelkedésével a halhús kalcium tartalma csökkent.

11. táblázat

A vizsgált halak kalcium és magnézium tartalma (mg/kg sz.a.)

Kezelés	Ca hús	szórás	Mg hús	szórás	Ca csont	szórás	Mg csont	szórás
kontroll	6083 ^a	± 1624	2815 ^a	± 878	123789 ^a	± 4957	1957 ^a	± 50
100	3676 ^{ab}	± 238	2486 ^a	± 172	86922 ^{ab}	± 9077	1493 ^a	± 144
200	2869 ^b	± 647	2119 ^a	± 37	65530 ^b	± 5165	1238 ^a	± 112
300	2449 ^b	± 1091	2654 ^a	± 22	89306 ^{ab}	± 17482	1662 ^a	± 344
400	2415 ^b	± 481	2996 ^a	± 847	106182 ^{ab}	± 39902	1770 ^a	± 561

Az azonos oszlopokban az eltérő betűvel jelölt eredmények között szignifikáns különbség van (Tukey HSD, $p < 0,05$)

A kontrollhoz képest minden kezelésből származó minta kalcium tartalma igazolhatóan alacsonyabb volt, azonban azok között nem volt statisztikai különbség. A hús magnézium tartalmában sem találtam jelentős eltérést. A halak csontjának kalciumtartalmát vizsgálva a húsnál megfigyelthez hasonló eredményt kaptam, azonban a tendencia nem volt egyértelmű. Ennek ellenére minden kezelésből mért érték statisztikailag igazolhatóan kisebb volt a kontrollnál. A takarmány magnézium-kiegészítésének hatására a csont magnéziumtartalma nem változott meg jelentősen (*11. táblázat*).

6 KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

6.1. Az *Artemia* sp. dúsítása nanoszelénnel, illetve a dúsított zooplankton alkalmazása a vörös árnyékhal lárvanevelésében

Az értekezésben bemutatott kísérletekben vezetékes vizet (ivóvizet) használtam mind a vörös árnyékhal lárvák neveléséhez, mind az *Artemia* sp. keltetéséhez könnyű hozzáférhetősége és tisztasága miatt. Jelenleg a hatályos, ivóvíz-minőségi paramétereket meghatározó jogszabály 10 µg/l-ben maximalizálja a szeléntartalmat, így feltételezhető, hogy a vörös árnyékhal lárvák igényénél kevesebb szelént tartalmazott az élő táplálék, így mind a dúsítási, mind az etetési kísérlet látványos eredményt mutathatott.

Eredményeim alapján kijelenthető, hogy a 24 órás dúsítási periódus során sikeresen gazdagítható az élőeség a vízben oldott nanoszelénnel. A bemutatott eljárás rendkívül egyszerű, a gyakorlatban bárki számára könnyen alkalmazható. A módszer lényege az *Artemia* sp. szűrő életmódjából következik, ugyanis azzal, hogy folyamatosan vizet áramoltat át a szervezetén, a szelén adszorbeálódik benne. Ennek alapján nincs szükség a dúsítás során köztes lépcsőre, amikor a zooplankton táplálékával (mikroalga, vagy mikroemulzió) együtt történik a mikroelem bevitel, ellentétben a zsírsav, vagy vitamindúsításnál alkalmazott technológiánál (BARCLAY és ZELLER, 1996; MCEVOY et al., 1996).

Kísérletemben igazoltam, hogy a dúsítási koncentráció növelésével az 50 mg/l-es koncentrációig párhuzamosan növekedett az élőeségben akkumulált nyomelem mennyisége. A visszaesés a 100 mg/l-es dózisonál következett be, míg az 500 mg/l-es koncentráció egyértelműen mérgező volt az *Artemia* sp. számára, hiszen a kezelésben a 24 óra elteltével 100 %-os mortalitást tapasztaltam. Az 50 mg/l-es dúsítás után bekövetkező változást szintén az alkalmazott szelén koncentráció toxikus hatásának tudható be, melynek az lehet a magyarázata, hogy noha a sórákok nem pusztultak el a 24 órás inkubációs idő alatt, de a lecsökkent aktivitásuk miatt nem történt meg a várt szelén-felhalmozás. Összefoglalva megállapítható, hogy a szelénnel való élőeség-dúsítás legfeljebb 50 mg/l-es koncentrációig ajánlott.

Az elvégzett mérések alapján megállapítható, hogy a kísérletben résztvevő vörös árnyékhal lárvák glutathion-peroxidáz enzimaktivitása nem változott meg jelentősen. Azonos eredményre jutottak RIBEIRO et al. (2012) is, akik szenegáli nyelvhallal végzett kísérletükben vizsgálták a szelénnel dúsított élőeség hatását.

Az összes termelési paramétert tekintve elmondható, hogy az 50 mg/l-es dúsításból származó élőeséget (26,914 mg/kg szelén a sz.a.-ban) fogyasztó halak számára toxikus volt a

szervezetükbe bekerült mikroelem mennyisége. A csökkent növekedés az egyik jele a túlzott szelén bevitelnek, melyet alátámaszt az 50 mg/l-es csoportban kapott eredmény, ahol a legkisebb standard testhosszt és testtömeget mértem. A lárvák szervezetében felhalmozódott szelén mennyiségével kapcsolatban minden kezelés között találtunk statisztikailag igazolható különbséget. Az élőeleségben akkumulálódott, és a lárvákban felhalmozódott mikroelem mennyiségét Pearson-féle korrelációval vizsgálva szoros kapcsolatot kaptunk ($r=0,765$) a két érték között, melyből arra következtethetünk, hogy a szelén sikeresen bekerült a halak szervezetébe. Az összefüggés vizsgálat rámutatott arra is, hogy az egyes kezelések és a mért paraméterek között is kimutatható kapcsolat volt, így kijelenthető, hogy a kísérlet eredményei az etetéshez használt *Artemia* sp. szeléntartalmának köszönhetőek.

Eredményeink alapján egyértelműen látszott a nanoszelénnel dúsított *Artemia* sp. etetésének pozitív hatása a vörös árnyékhal lárvákra, melyből arra következtetünk, hogy az élőeleség természetes mikroelem-tartalma nem elégítette ki a halak szelén-igényét. Ebből következően ajánlott az 5 mg/l-es dúsítás alkalmazása az árnyékhal lárvanevelésében a kedvezőbb fejlődés és megmaradás eléréséhez.

A halak optimális szelén szükségletének meghatározásához polinomiális regresszió analízist alkalmaztunk. A testtömegnél (5,25 mg/l számított dúsítás), testhossznál (5,22 mg/l-es számított dúsítás), illetve az SGR-nél (5,69 mg/l-es számított dúsítás) kapott eredményeinket figyelembe véve megállapítható, hogy az árnyékhal lárvanevelésében az optimális szelénkoncentráció az élőeleségben (sz.a.-ra vetítve) 3,94 és 4,30 mg/kg között található, mely érték meghaladja az ivadék számára a szakirodalomban általánosan ajánlott 0,25–0,7 mg/kg (sz.a.) Se közötti értéket.

Az *Artemia* sp. ~5 mg/kg (sz.a.) szeléntartalma hasonló a természetben élő evezőlábú rákok szeléntartalmával (HAMRE et al., 2008a), melyből arra is következtethetünk, hogy a természetes környezetükben a vörös árnyékhal lárvák alaptáplálékát a copepoda fajok adhatják.

6.2. A nanoszelén alkalmazása a vörös árnyékhal ivadéknevelésében

A kereskedelemben kapható haltakarmányok szeléntartalma közel azonos, a megengedett maximális 0,5 mg/kg közelében van. Ezzel ellentétben a különböző halfajok szelénigénye változó, akár jelentősen is eltérhet egymástól, ezért a vizsgálatunkban egy 0,46 mg/kg szelént tartalmazó takarmányt több koncentrációban nanoszelénnel egészítettem ki.

Az eredményeim azt mutatták, hogy az árnyékhal termelési paraméterei nem változtak meg jelentősen pozitív irányba a takarmány nanoszelénnel való kiegészítésének hatására. A

túlélésben azonban a kontrollhoz képest számottevő javulást tapasztaltam minden kezelésben, a 10,5 mg/kg-os csoport kivételével.

A tömeggyarapodásban csak a vizsgálat első három hetében jelentkeztek jelentősebb különbségek. A rendszervíz szelén-tartalmát folyamatosan mértem a kísérlet alatt, azonban az nem mutatott jelentős emelkedést, így kijelenthető, hogy nem a víz szelénrel való dúsulása csökkentette le a különbségeket.

Az egyes szervekben (máj, szem, hús) akkumulált szelén mennyisége a kontrollhoz képest jelentősen csak az 5,5 és a 10,5 mg/kg-os csoportban különbözött. Ennek legfőbb oka az lehetett, hogy a halak a takarmánnyal felvett nyomelem nagy részét felhasználták, így az nem tudott felhalmozódni a szervezetükben. Ahogy növeltem a dózist (5,5 és 10,5 mg Se/kg), úgy nőtt a tárolt mikroelem mennyisége a halakban, melyet az is igazolt, hogy e kezelések esetében nem csak a kontrollhoz képest tudtam statisztikai különbséget kimutatni, hanem egymáshoz képest is jelentősen eltértek a mért értékek. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a halak szerveiben nem egyenletesen kerül tárolásra a szelén, hanem legtöbb a májban, majd a szemben, és legkevesebb a halhúsban halmozódik fel. Az izomszövetbe valószínűleg csak az a szelén került, ami a többi szervben már nem tudott raktározódni. Több tanulmány bizonyította, hogy a szelén metabolizációs útja, illetve akkumulációja attól függ, hogy az milyen vegyület kémiai formájában került be a hal szervezetébe, azonban a hasznosulás nem csupán az emésztőrendszerben való felszívódásának függvénye, hanem a biológiailag aktív formává való átalakulásának is (FOSTER és SUMAR, 1995). Az elemi szelén nano méretben bejuttatva a szervezetbe hasonlóan hasznosul, mint a szerves formából származó, de valószínűleg más a metabolikus útja. Az újabb kutatások szerint a vörös elemi szelén nanoméretű részecskék formájában a szerves szelénvegyületekhez hasonlóan jó hatásfokkal szívódik fel, miközben potenciális toxicitása jóval alacsonyabb.

A kísérletben a 10,5 mg/kg-os csoportban az átlagtömegben, biomasszában, illetve a takarmányértékesítés esetében is jelentősen rosszabb eredményt találtam, így kijelenthető, hogy a takarmány – „gyári” szeléntartalmát is figyelembe véve – ~11 mg/kg-os szeléntartalma már toxikus volt a vörös árnyékhal ivadék számára.

A kísérlet kiértékelésekor megállapítottam a vörös árnyékhalak szelénoptimumát. Ez a túlélés alapján 4,2 mg/kg (a gyári szelénkoncentrációval együtt 4,66 mg/kg), az FCR szerint 1,8 mg/kg (2,26 mg/kg), míg a biomassza alapján számítva 2,8 mg/kg-nál (3,26 mg/kg) volt. Ennek alapján feltételezhető, hogy a takarmány optimális szeléntartalma az árnyékhalak

ivadéknevelésében 2,23 és 4,66 mg/kg között van, mely értékek jelentősen meghaladják a más hafajok esetében korábban publikált adatokat.

A lárvák szabad zsírsavtartalmát vizsgálva az 1 mg/kg-os kezelésben jelentős növekedést tapasztaltam a kontrollban mért értékekhez képest, mely hasonló volt a többi csoportban is. A szelenometionin egy adott mennyiség felett oxidatív stresszt képes okozni, így a stresszhatás következtében változhat a szabad zsírsavak koncentrációja a vérben. Fentiek alapján kijelenthető, hogy az árnyékhalnál a nanoszelen hasonló hatást váltott ki, ezért szabad zsírsav molekulák kerültek a véráramba és ez okozta az összes szabad zsírsav koncentrációjának a megemelkedését. Előzőekből azt a következtetést lehet levonni, hogy az ivadéknak nem volt szüksége a szeléntöbbletre, hiszen a keveréktakarmány kezdeti nyomelemtartalma is maradéktalanul kielégítette az igényüket, de ezt a hipotézist a kísérlet egyéb eredményei megcáfolják.

6.3. A magnézium szerepe a vörös árnyékhal alacsony sótartalmú vízben végzett ivadéknevelésében

A doktori kutatómunka során folyamatosan pótolni kellett a magnéziumot a halak nevelésére szolgáló rendszerekbe, mivel a víz analitikai elemzésekor megállapítottuk (Ca^{2+} : 150,02 mg/l, Mg^{2+} : 147,7 mg/l), hogy annak a magnézium tartalma, pontosabban a magnézium kalciumhoz viszonyított aránya nem felel meg az árnyékhal szükségleteinek, mely 3:1 (Mg:Ca) arányban optimális. Amennyiben nem juttattunk elég magnéziumot a vízbe, a halak étvágytalanok lettek, és megnőtt a mortalitás. Kísérletemben arra kerestem a választ, hogy a takarmány magnéziumtartalmának növelése megoldást jelenthet-e a problémára. Az összeállított kísérleti takarmány a méréseink szerint ~250 mg/kg magnéziumot tartalmazott (kontroll), melyet 4 kezelésben (100, 200, 300, 400 mg/kg) dúsítottam a makroelemmel.

A takarmányértékesítési paramétereket tekintve egy mutató esetében sem találtam statisztikailag igazolható változást, de általánosságban megállapítható, hogy a 200 mg/kg (összesen ~450 mg/kg) és a 300 mg/kg-os (~550 mg/kg) kezelés bizonyult a legjobbnak. A statisztikailag igazolható eredmények hiánya miatt e kísérletben nem végeztem regresszióanalízist az árnyékhal ivadék magnézium-optimumának megállapítására.

A takarmány magnézium tartalma csak egy tényező a halak megfelelő magnézium ellátásához, hiszen azok a vízben lévő makroelemeket is képesek felvenni. Több kutató véleménye alapján a tengeri halak takarmányát nem kell a makroelemekkel kiegészíteni, hiszen a tengervíz igen gazdag oldott ionokban, a magnéziumtartalma elérheti akár az 1000 mg/l-t is. Azonban a kísérleteim eredményeként látszik, hogy a probléma könnyen

felmerülhet a tág sótűrésű halak esetében is. E fajok képesek hosszabb távon is fejlődni az alacsony kalcium-klorid tartalmú vízben, azonban az – mivel az oldott ion összetétele nem egyezik meg a tengervízzel – nem képes minden ozmoregulációban fontos szerepet játszó elem iránti szükséglet kielégítésére.

A kísérletben kapott termelési paraméterek alapján nem lehetett megállapítani a takarmány vörös árnyékhal ivadék számára legkedvezőbb magnézium tartalmát, azonban a bizonyos paraméterekben tapasztalt változások hasonlóak voltak a 3.1.5. fejezetben bemutatott kutatások eredményeihez.

Az eredményeket összefoglalva megállapítható, hogy a takarmányban beállított magnézium-koncentrációk nem jelentettek tökéletes megoldást a vörös árnyékhal szükségleteinek maradéktalan kielégítésére. Ennek alapján arra lehet következtetni, hogy

- vagy nagyobb koncentrációban kellett volna adni a takarmányban a magnéziumot (tekintve a víz magas oldott kalcium-ion tartalmát), melyre bizonyítékul szolgálhat az, hogy a növekvő koncentrációjú kezelések hatására a magnézium antagonistá kalcium koncentrációja csökkent a halhúsban, de nem változott a csontban, azaz a mineralizációt jelentősen nem befolyásolta. Ez az eredmény ellentmond EL-MOWAFI-MAAG (1998) lazaccal végzett kísérletének eredményének.
- vagy a vörös árnyékhal jobban preferálja a vízből felvenni az ozmoregulációjának működéséhez szükséges ionokat.

Tekintve, hogy eurihalin faj, inkább az utóbbi eset valószínűsíthető.

Azonban fontos megjegyezni, hogy ez a probléma valószínűleg nem jelentkezett volna kisebb kalciumtartalmú vízben, hiszen NEILL (1987) szerint a faj már 100 mg/l oldottanyag tartalmú, de megfelelő ionösszetételű vízben sikeresen termelhető.

7 ÚJ TUDOMÁNYOS ERDMÉNYEK

1. Kísérleteim során megállapítottam, hogy a frissen kelt *Artemia* sp. 24 órás dúsítási periódus során sikeresen képes akkumulálni a nanoszelént, mely koncentrációja a zooplanktonban a toxikus határig a dúsítási koncentrációval párhuzamosan nő. Az eredményeim alapján az is bizonyítást nyert, hogy a nanoméretű elemi szelén – ugyan koncentrációtól függően –, de képes toxikus hatást kifejteni (> 50 mg/l) az *Artemia* sp. naupliusokra. Az eredmények alapján kijelenthető, hogy az értekezésben bemutatott élőesség-dúsítási technológia alkalmas az *Artemia* sp. beltartalmi paramétereinek javítására.
2. Eredményeim alapján megállapítható, hogy a szelénrel dúsított *Artemia* sp. etetése a kontrollhoz képest pozitívan képes befolyásolni a vörös árnyékhal termelési mutatóit (növekedés, SGR, megmaradás) ezáltal egyértelműen alkalmas az árnyékhal ivadéknevelésében történő sikeres alkalmazásra. A kísérlet eredményei alapján megállapítottam, hogy a vörös árnyékhal lárva nevelésében az optimális szelénkoncentráció az élőességben (sz.a.-ra vetítve) 3,94 és 4,30 mg/kg között található. Bebizonyítottam, hogy a túlzott nanoszelén-bevitel toxikus hatású az árnyékhal lárvák számára (50 mg/kg-os kezelés; 27 mg/kg Se az *Artemia* sz. a-ban).
3. Az analitikai eredmények igazolták, hogy a vörös árnyékhal lárvák a kezelésekkkel összefüggésben közel egyenes arányban képesek akkumulálni az *Artemia* sp.-ből a szelént.
4. Az elvégzett kísérlet igazolta, hogy a vörös árnyékhal ivadéknevelésében használt formázott takarmány nanoszelénnel való kiegészítése javítja a halak megmaradását, azonban a többi termelési mutatót (FCR, SGR, WG) nem befolyásolta jelentősen, melynek vélhetően az volt az oka, hogy a gyári takarmány 0,46 mg/kg-os szeléntartalma fedezi az árnyékhal ivadék szelén-szükségletének nagy részét. Figyelembe véve a kapott eredményeket a kísérletben bizonyítani tudtam a nagyobb dózisban adott nanoszelén toxikus hatását (10,5 mg/kg).
5. Az analitikai eredmények azt mutatták, hogy a nagyobb dózisú szelén-bevitel hatására a legtöbb nyomelem a halak májában akkumulálódik, azonban jelentős raktározó szervként működik a halak szeme is. Előzőek alapján kijelenthető, hogy a nanoméretű

elemi szelén nem egyenlően raktározódik a halak egyes szerveiben és igen jelentős a szemben történő akkumuláció is.

6. Megállapítottam, hogy a nanoszelénnel kiegészített takarmány jelentősen megemeli a vörös árnyékhalak szervezetében a szabad zsírsav, azon belül is az $\omega 3$ csoportba tartozó zsírsavak koncentrációja, mely alapján a túlzott szelén-bevitelre lehet következtetni.
7. Kutatásom eredményeként megállapítottam, hogy a vörös árnyékhal lárvanevelésében az optimális szelénkoncentráció az *Artemia* sp.-ben meghaladja a tengeri hal -ivadék számára általánosan ajánlott 0.25–0.7 mg/kg (sz.a.) Se közötti értéket, amennyiben a sórák dúsításhoz a legkevésbé toxikus nanoméretű elemi szelént használjuk.
8. A kutatás során arra a következtetésre jutottam, hogy a közepesen kemény vízben nevelt vörös árnyékhal ivadék magnézium- szükségletét nem lehet a takarmánnyal bevitt magnéziummal kielégíteni. Ezt a megállapítást a termelési paraméterek (S, WG, SGR) értékei mellett a halak húsból és csontjából mért magnézium és kalcium koncentrációja is bizonyítja.

8 AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI ALKALMAZHATÓSÁGA

- 1 A vörös árnyékhal egy Közép-Amerika partvidékén honos eurihalin halfaj, mely jelenlegi termelése tengerhez kötődik, a hazai haltermelésben egyértelműen új fajnak számít, de diverzifikáció jegyében a termelésben való megjelenését elősegítheti Magyarország jelentős termásvíz-kincse. Jelen munka hozzájárul a faj lárva- és ivadéknevelésének biztosabbá tételéhez, azonban a komplex termeléstechológia kidolgozásához még további vizsgálatok szükségesek – a gazdaságossági szempontok és a piaci viszonyok figyelembevétele mellett.
- 2 A 2014-2020-as programozási időszakban a Magyar Halgazdálkodási Operatív Program (a továbbiakban: MAHOP) több intézkedésének keretében (2.1, 2.2, 2.4 Intézkedés) nyerhető támogatás új halfajok termelésbe vonására. Ha figyelembe vesszük, hogy a MAHOP kiemelten kezeli a beruházások, ezen belül is az innovatív technológiát használó haltermelő rendszerek létesítésének támogatását, az infrastruktúrális háttér kiépítésének finanszírozása is adott lehet a faj hazai termelésben való meghonosítására.
- 3 A vörös árnyékhalat Magyarországon – tengervíz hiányában – nem szaporítják, így az ivadékkellátást saját forrásból nem lehet megoldani. Ezért a termelőknek egyelőre megfelelő technológia hiányában az ivadékot külföldről kell behozniuk, amely drága. A szállítási költség csökkenthető, ha a hízalási alapanyagot a lehető legkisebb méretben (lárva, vagy zsenge ivadék) szerezzük be, mivel egységnyi víztömegben így nagyobb mennyiségű hal szállítható. A lárvákat szállítás után még 4-8 napig biztosan élőelelességgel kell táplálni. Köztudott tény, hogy a tengervízben élő zooplankton mikroelem tartalma jóval magasabb, mint a mesterségesen keltetetté, mely az *Artemia* sp. szeléntartalmára is igaz. Ennek következtében előfordulhat, hogy a halak megmaradása rossz és fejlődésük vontatott lesz.
- 4 A dolgozatban bemutatott kísérletek eredményei ezt bizonyították, hiszen nem csak lárva korban sikerült pozitív eredményeket elérnünk a szelénnel dúsított élelem etetésével, hanem az előnevelt ivadéknál is bizonyítottuk a keveréktakarmány szelénkiegészítésének kedvező hatását.
- 5 Az élőelelesség és a haltakarmány értekezésben ismertetett dúsítási technológiája egyszerű, a termelőktől nem igényel jelentős anyagi, vagy időráfordítást, azonban az alkalmazásával biztonságosabbá tehető a vörös árnyékhal nevelése az elhullás és a fejlődés szempontjából legkritikusabb életszakaszokban. A termelési paraméterek kedvező megváltozása nem csak biztonságosabb halnevelést, hanem

költségmegtakarítást (kisebb elhullás, jobb takarmányértékesítés, azaz kevesebb takarmány felhasználás) is jelent a farmer számára.

- 6 Az édesvízben tartott vörös árnyékhal érzékeny a víz ionösszetételére, ezért tapasztalatunk szerint nem csak a szállítást követő ozmotikus stressz kiküszöbölésére (Fehér, 2014) szükséges a rendszervíz megfelelő ionösszetételének megléte, hanem a teljes nevelési ciklus során fontos azt fenntartani. Kísérletünkben azt vizsgáltuk, hogy az árnyékhalak magnézium-igény kielégíthető-e a makroelem vízbeoldása helyett a takarmányba való adagolásával. Egyértelmű eredményt nem tudtunk megállapítani, de a vizsgált paraméterek tendenciáiból kiolvasható volt, hogy a takarmány magnézium kiegészítése kedvezően hathat az árnyékhalak termelési paramétereire olyan környezetben, ahol a víz magnézium tartalma viszonylag alacsony, vagy a magnézium kalciumhoz viszonyított aránya nem megfelelő. Egy olyan haltelepen, ahol több száz m³ vízben végzik a haltermelést, a víz magnézium tartalmának folyamatos kiegészítése igen gazdaságtalan. Ha a hal magnézium-szükségletének egy része kielégíthető a keveréktakarmány magnéziumtartalmának növelésével, akkor a termelő jelentős költségcsökkenést érhet el.
- 7 Fentiek alapján elmondható, hogy a doktori kutatásom során elvégzett kísérletek számos olyan elemet is tartalmaznak, melyeket a gyakorlatban alkalmazva hozzásegíthetik a vörös árnyékhalat a magyar akvakultúra portfóliójába való bekerüléséhez.

9 ÖSSZEFOGLALÁS

A halhús iránti kereslet folyamatosan növekszik világszinten, azonban ezt az igényt a tengerek és édesvizek – főként a túlhalászat következtében – csökkenő halállománya már egyre nehezebben tudja kielégíteni. E helyzet megoldására kizárólag a dinamikusan fejlődő akvakultúra képes, melyet jól szemléltet az, hogy az így előállított hal mennyisége évről-évre nagyobb részarányt képvisel a világ teljes haltermelésében. Az EU felismerve az akvakultúrában rejlő potenciált, a következő években jelentősen kívánja növelni az akvakultúrájának kibocsátását, melyhez – kedvező adottsági miatt – Magyarország is nagymértékben hozzájárulhat. Hazánk 2015-ben elfogadott Nemzeti Akvakultúra Stratégiai Terve 2023-ig 25%-ban határozta meg a magyar akvakultúras termelés növekedését. A kapacitásnövekedésre az egyik megoldás az új, intenzív rendszerű haltermelő üzemek létesítése lehet.

Az európai – és hazai – haltermelésben az utóbbi években számos próbálkozás történt egzotikus származású, nagy gazdasági potenciállal rendelkező halfajok termelésének meghonosítására. Figyelembe véve Magyarország jelentős termásvíz-kincsét, a nagy sótartalmú felszín alatti vizek kiválóan alkalmasak lehetnek az exportpiacon is értékesíthető melegigényes tengeri, illetve tág sótűrűsű halfajok termelésére. A vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus* L.) minden tulajdonságát tekintve alkalmas az intenzív akvakultúrában való meghonosítására, azonban a magyarországi termelésben való megjelenéséhez szükség van a faj hazai körülményekhez igazodó ivadéknevelési- és takarmányozási technológiájának kidolgozására.

Előzőek alapján, a doktori kutatásom során fő célja volt egy viszonylag egyszerűen előállítható, a halak egészségére, illetve termelési paramétereire pozitívan ható dúsított élőeleség és takarmány-adalék kifejlesztése, mellyel a magyarországi körülmények között (is) biztonságosabbá tehető a vörös árnyékhal nevelése.

A halak ivadéknevelésénél rendkívül fontos szempont az elhullás alacsonyan tartása, mely eléréséhez megoldást kínálhat az élő- és granulált eleség szelénnel történő kiegészítése, mivel az így felvett nyomelem elősegítheti a halak egészségének fenntartását és nagyban hozzájárulhat a termelési paraméterek kedvező alakulásához. Ebből következően arra kerestem a választ, hogy megoldható-e a zooplankton és granulált keveréktakarmány szelénnel való kiegészítése, illetve az képes-e pozitívan befolyásolni a vörös árnyékhal lárvák és ivadék termelési paramétereit. A kísérletek értékelésekor a lárvák, illetve az ivadék számára optimális szelénmennyiséget is igyekeztem meghatározni. Mivel a mikroelemek közül a szelénél található a legkisebb határ az esszenciális szerepe és a toxicitása között,

ezért a vizsgálatokban fontosnak tartottam a felhasznált szelénkészítmény (nanoméretű elemi szelén) toxikus hatásának vizsgálatát is.

A kísérletek során azzal a ténnyel szembesültem, hogy a halak neveléséhez használt rendszervíz magnézium tartalma nem felelt meg maradéktalanul az árnyékhal szükségleteinek, így a megfelelő egészségi állapot fenntartásához folyamatos magnézium utánpótlásra volt szükség. A kristályos magnézium-klorid vízbe oldásával végzett makroelem-pótlást meglehetősen költségesnek és nehézkesnek találtam, így arra is kíváncsi voltam, hogy az árnyékhal ivadék magnézium-igénye kielégíthető-e a takarmány Mg-kiegészítésével.

Az Artemia sp. dúsítása nanoszelénnel

A természetben élő zooplankton jóval több nyomelemet tartalmaz a mesterségesen keltetettnél, így a haltermelésben előnyös a hallárvák élőeleségét bizonyos mikroelemekkel dúsítani. Kísérletünkben az *Artemia* sp. nanoméretű elemi szelénnel való gazdagítását vizsgáltuk.

Az *Artemia* sp. petéket 24 óráig, 5 literes műanyag edényekben keltettük, melyekbe literenként 2 g petét helyeztünk. Az inkubáció alatt a 20g/liter só koncentrációjú víz hőmérsékletét folyamatosan 28 ± 1 °C fokon tartottuk, a levegőztetést porlasztóköveken keresztül biztosítottuk, a megvilágítás állandó volt. A keltetés végén az *Artemia* naupliusokat 150 µm-os planktonhálójával leszűrtük, majd elválasztottuk a peteburoktól, illetve ki nem kelt petéktől. A frissen kelt sórákokat 24 órás inkubációs idővel, a kontroll mellett 6 kezelésben (1 mg/l; 5mg/l; 10 mg/l; 50 mg/l; 100 mg/l; 500 mg/l), egyenként három ismétlésben dúsítottuk a nanoszelén-oldatban. A teljes szelénkoncentráció meghatározásához Hydrid Generation Atom Fluorescens Spektrofotometriai (HG-AFS) módszert használtunk.

Az 500 mg/l-es dózisban a 24 órás dúsítási periódus végére az összes sórák elpusztult, mivel a szelén ebben a koncentrációban már egyértelműen toxikus volt az *Artemia* számára, így a továbbiakban ezt a kezelést nem alkalmaztam. A variancia analízis a Se dúsítás szignifikáns hatását kiválóan bizonyította, ugyanis a zooplanktonban akkumulált nyomelem koncentrációjában minden kezelés között találtam statisztikailag is igazolható különbséget ($p < 0,05$). Érdekes megfigyelés, hogy a legnagyobb elem-akkumulációt az 50 mg/l-es kezelésben tapasztaltam, a legnagyobb dúsításnál (100 mg/l) már erőteljes csökkenést jelentkezett. Valószínűleg a 100 mg/l-es koncentráció az 500 mg/l-es kezeléshez hasonlóan toxikus hatással bírt a zooplankton számára, azonban a mérgező hatás nem volt olyan erős hogy a sórákok elpusztuljanak a 24 órás dúsítás alatt, azonban az aktivitásuk jelentősen lecsökkent, így nem történt meg a várt szelén-akkumuláció.

Nanoszelénnel dúsított Artemia sp. vizsgálata vörös árnyékhal lárvával végzett etetési kísérletben

A kísérletet 15 db 40 literes különálló akváriumban végeztük (egységenként 70 db hal) véletlen blokk elrendezésben, melyekben az egyes kezelések (kontroll, 1 mg/l dúsítás, 5 mg/l dúsítás, 10 mg/l dúsítás, 50 mg/l dúsítás) három ismétlésben lettek beállítva. A halakat 15 ppt-s vízben tartottuk, melyben literenként 1 g analitikai tisztaságú magnézium-kloridot oldottunk fel, hogy a víz halak számára optimális 1:3 Ca-Mg arányát elérjük. Egyedi vízmelegítők segítségével a víz hőmérsékletét a kísérlet során végig $27 \pm 0,8$ °C-on tartottuk. A vizsgálat alatt a fotoperiódus 12 óra megvilágítás és 12 óra sötétség volt. A halak napi három alkalommal ad libitum kaptak élőeleséget. A kísérlet futamideje 9 nap volt, melyet követő 24 órás éheztetési periódus után történt a további vizsgálatokhoz szükséges mintavétel. A növekvő dózisú nanoszelént tartalmazó *Artemia* sp etetésének hatására javult a lárvák életképessége, azonban a kontroll csoporttól csak a 10 mg/l koncentrációjú kezelés különbözött szignifikánsan, ahol 69 %-os megmaradást tapasztaltam. A 10 mg/l-nél nagyobb mennyiségben alkalmazott nanoszelén már negatív hatással volt a lárvák egészségi állapotára. Az élőeleség nanoszelén-kiegészítése a testtömeg gyarapodást is kedvezően befolyásolta. A kontroll csoportnál az átlagos testtömeg 0,095 g volt. Az 5 mg/l-es dóziséig (átlagtömeg: 0,140 g) növekvő tendenciát figyelhettem meg a testtömegek alakulásában, azonban statisztikailag is igazolható különbség csak a kontroll és az 5 mg/l-es kezelés között volt kimutatható. Az 50 mg/l-es csoportban már jelentős csökkenést tapasztaltunk, így kijelenthető, hogy ez a koncentráció toxikus volt a lárvák számára.

A hallárvák testhossza kezeléstől függően 14,6 mm (50 mg/l) és 18,9 mm (5 mg/l) között változott, mely két érték között szignifikáns különbséget kaptunk. A testhossz tekintetében is – a testtömegekhez hasonlóan – az 5 mg/l kezelést találtuk a legjobbnak, és az 50 mg/l-es volt a legrosszabb, ami a túlzott szelén-bevitel toxikus hatásának tudható be. Az élőeleség szelén kiegészítésének hatására a vörös árnyékhal lárvák specifikus növekedési üteme (SGR) javult, a legkedvezőbb SGR-t az 5 mg/l kezelésnél (24,52 %) tapasztaltuk, amely szignifikánsan jobbnak bizonyult, mint a kontroll kezelésnél kapott érték (20,22 %). Az 5 mg/l-nél nagyobb dózisban alkalmazott Se hatására az SGR lényegesen romlott, az 50 mg/l-es kezelés (15,77 %) már negatív hatással volt a lárvák számára. A kondíciófaktor (K) értékeiben is az előző két mutatóhoz hasonló tendenciát állapítottam meg, azonban statisztikailag nem tudtam bizonyítani az eleség szelén-kiegészítésének pozitív vagy negatív hatását. A glutathion-

peroxidáz enzim aktivitásánál sem találtam statisztikailag is igazolható különbségek a kezelések között.

A lárvák által akkumulált szelén 2,19 (*kontroll*) és 39,24 mg/kg (*50 mg Se/l*) között változott. Minden kezelés között statisztikailag igazolható különbséget állapítottam meg, mely igazolta, hogy a nanoszelénnel dúsított élőeleségből a szelént sikeresen felvették a vörös árnyékhal lárvák.

Összefüggés-vizsgálatokat is végeztem a kezelések és az egyes mért paraméterek között, amely szerint az SGR minden vizsgált tényezővel pozitív kapcsolatban állt. A növekedési ütem szoros összefüggést mutatott a hallárvák tömegével ($r=0,863$) és a testhosszával ($r=0,792$), valamint közepes erősségű összefüggés volt az SGR és a kondíció faktor ($r=0,610$), valamint glutation-peroxidáz enzimaktivitás ($r=0,532$) között. Szoros, pozitív irányú ($r=0,765$) kapcsolatot kaptam az *Artemiában* akkumulált szelén mennyisége és a lárva által akkumulált szelén mennyisége között, amely kiválóan bizonyítja, hogy a nyomelem a sórakokból beépült a lárvák szervezetébe.

A kísérlet eredményeinek értékelésekor arra is kerestem a választ, hogy megállapítható-e a rendelkezésre álló adatokból a vörös árnyékhal lárvák számára optimális nanoszelén mennyiség, melynek számításához regresszióanalízist végeztem. A trendfüggvények illeszkedése alapján igen szoros összefüggést kaptam a vizsgált paraméterek és a szelén alkalmazása között (tömeg: $R^2=0,9789$; standard hossz: $R^2=0,9911$; SGR: $R^2=0,9694$). A trendfüggvények egyenletéből deriválás segítségével kiszámítottam azt a Se mennyiséget, ahol a függvény kulminál. Ez a testtömegnél 5,25 mg/l-nél, a testhossznál 5,22 mg/l-nél, az SGR értéknél 5,69 mg/l-nél mutatta a maximumot. A trendfüggvények illeszkedése szoros kapcsolatot mutatott a megmaradás és a szelén kezelések között ($R^2=0,8646$) is.

Nanoszelénnel dúsított formázott takarmány etetésének vizsgálata előnevelt vörös árnyékhalakkal

A kereskedelembe kapható haltakarmányok mindegyike közel azonos mennyiségben tartalmaz szelént, azonban az egyes fajok szelén igénye eltérő.

A doktori kutatásom során a nanoszelén árnyékhal ivadéokra gyakorolt pozitív hatását is vizsgáltam. A kísérleti takarmány előállításához egy kereskedelembe kapható, 42 % fehérjét és 22 % zsírt tartalmazó keveréktakarmányt használtam fel, mely eredeti szelén tartalma az analitikai mérés alapján 0,46 mg/kg volt, szerves szelén (szeleno-metionin) formájában. Ezt porrá daráltuk, majd nanoszelén szuszpenzióval dúsítottuk. A homogenizálást követően 5 % víz hozzáadása mellett egy pelletáló gép segítségével 2,5 mm furatú matricán keresztül

újraformáztuk. A kísérletben használt vörös árnyékhalakat szoktatás céljából a kísérlet kezdete előtt egy héttel kihelyeztük az 1,7 m³ víztérfogatú ivadék- és lárvanevelő recirkulációs rendszerbe (18 db, egyenként 70 liter térfogatú körmedence). Az átlagosan 3,5 ± 0,1 g tömegű halakból 540 darabot telepítettünk (30 db hal/kád). A kontroll mellett 5 kezelést (1 mg/kg Se, 1,5 mg/kg Se, 2,5 mg/kg Se, 5,5 mg/kg Se, 10,5 mg/kg Se) állítottunk be három ismétlésben. A 8 hét futamidejű kísérlet alatt az 5 ppt sótartalmú víz hőmérsékletét folyamatosan 25 ± 1°C-on tartottuk a puffer tartályban elhelyezett elektromos fűtők segítségével. A folyamatos levegőztetést központi légbefúvó használatával, porlasztóköveken keresztül biztosítottuk. A fotoperiódus 12 óra világos és 12 óra sötét volt. A takarmányozás étvágy szerint történt, napi 4 alkalommal, a keveréktakarmány fogyasztását a takarmányértékesítési mutatók számításához folyamatosan regisztráltuk.

A 10,5 mg/kg-os kezelésben a halak átlagtömege jelentősen kisebb volt, mint a kontroll csoportban, mely vélhetően a szelén toxikus hatásának tudható be. Az ivadék biomasszájának vizsgálatakor is statisztikailag igazolhatóan kisebb értéket kaptam a 10,5 mg Se/kg-os kezelésnél (589 g), amíg a többi kezelés biomasszája a kontrolléhoz hasonlóan alakult (722-767 g). A megmaradás a nanoszelén kiegészítés hatására az 1; 1,5; 2,5; és az 5,5 mg/kg-os kezelésben igazolhatóan jobb volt, mint a kontroll (90 ± 0 %) és a 10,5 mg/kg-os csoportnál (85 ± 2 %), ugyanakkor a többi csoport között érdemi különbség nem volt. Kannibalizmust, jelentős szétnövést egyik kezelésnél sem tapasztaltam.

A specifikus növekedési ütem (SGR) csökkenő tendenciát mutatott a keveréktakarmány növekvő dózisú szelén-kiegészítésének hatására. A 10,5 mg/kg-os kezelésnél ez az érték 3,43 % volt, mely statisztikailag igazolhatóan rosszabb volt, mint a kontrollnál számított (3,7 %). A kísérlet során az ivadék takarmányértékesítése (FCR) nagyon kedvezően alakult, az értéke 0,77-0,90 g/g között változott a kezeléstől függően. A 10,5 mg/kg-os dózissal számolt FCR statisztikailag igazolhatóan is különbözött a kontrolltól – és az összes többi kezeléstől –, mely a kezelés szelén dózisának toxikusságára enged következtetni. A legjobb takarmányértékesítést az 1,5 és a 2,5 mg/kg-os csoportnál kaptam. A nanoszelénnel dúsított takarmány etetése azonban az ivadék testtömeg-gyarapodására (WG) nem volt igazolható hatással. A rendszervíz szelén-tartalmát a kísérlet alatt folyamatosan monitoroztuk, azonban az nem mutatott mérhető változást, tehát kijelenthető, hogy az egyes kezeléseket között keresztzennyezés nem történt, így a kapott eredmények a keveréktakarmány különböző szeléntartalmának köszönhetőek.

Kíváncsiak voltunk arra, hogy az ivadék egyes szerveiben mennyi szelén halmozódott fel, ezért megvizsgáltam a halak máját, húsát és szemét. A halak szerveiben nem egyenletesen

került tárolásra a szelén, legtöbbet a májban mértem (kezeléstől függően 3,38-14,37 mg/kg), ennél lényegesen kevesebb volt mérhető a szemben, míg a mikroelem legkisebb mennyiségben a halhúsban halmozódott fel. Itt valószínűleg csak az a szelén volt található, ami más szervekben már nem tudott raktározódni. A máj, mint fontos raktározó szerv, a kontroll esetén 171 %-kal, a 10,5 mg Se/kg-os kezelésnél 356 %-kal több szelént raktározott, mint a filé. A szemből mért értékek is a májéhoz hasonló tendenciát mutattak, azonban az itt tárolt nyomelem mennyisége lényegesen kevesebb volt, 2,09-7,91 mg/kg között változott. A filénél a legtöbb szelént a 10,5 mg/kg-os csoportnál mértük, mely statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt, mint a többi kezelésnél mért érték.

A szabad zsírsavak a szelénhez hasonlóan a szervezet antioxidáns rendszerében vesznek részt, ezért a kísérlet végén megvizsgáltuk, hogy az egyes kezelések hatására megváltozott-e a halakban a szabad zsírsavak mennyisége. A kontrollhoz (72 mg/100 g) képest az összes kezelésben statisztikailag igazolhatóan nagyobb értéket mértem, a legtöbb szabad zsírsav az 1 mg/kg-os csoportban (308,1 mg/100 g) volt. Nőtt az ω 3- és ω 6 csoportba tartozó zsírsavak mennyisége is, valamint a szelén kiegészítés hatására az ω 3- és az ω 6 zsírsavak kontrollban tapasztalt közel azonos aránya is eltolódott, az összes szabad zsírsav 71,5-74,4 %-át az ω 3 zsírsav tette ki.

Az összefüggés vizsgálatok alapján a májban, filében és a szemben felhalmozott Se negatív közepes, illetve negatív szoros kapcsolatban állt a testtömeg gyarapodással. A túlélés és a máj ($r = -0,685$), valamint a szem Se tartalma ($r = -0,648$) között is közepes erősségű, ellentétes irányú kapcsolatot találtam. Az FCR és a szervek Se tartalma között pozitív közepes és erős összefüggést tudtam kimutatni, azaz minél több volt az akkumulált nyomelem, a takarmányértékesítés romlott. A halak specifikus növekedési üteme (SGR) is közepes-erős összefüggésben volt a különböző szervekben felhalmozott Se-nel, előjelük minden esetben negatív volt. A WG-nél is hasonló tendenciát tapasztaltam (máj Se tartalma és a WG között $r = -0,662$; szem Se tartalma és a WG között $r = -0,703$; filé Se tartalma és a WG között $r = -0,695$).

Fentiek alapján bizonyítani lehetett a halak egyes szerveiben felhalmozott nyomelem mennyiségének az ivadék termelési paramétereire gyakorolt közvetlen hatását, ugyanis az eredmények szerint az előnevelt ivadék szelén-szükségletét nagyrészt fedezte a keveréktakarmány gyári szeléntartalma.

Magnéziummal kiegészített formázott takarmány vizsgálata vörös árnyékhal ivadékkal végzett etetési kísérletben

A vizsgálatokhoz használt víz nem tartalmazott a vörös árnyékhalak számára elegendő mennyiségű magnéziumot (Ca^{2+} : 150,02 mg/l, Mg^{2+} : 147,7 mg/l), így a kísérletben azt megpróbáltam a takarmánnyal együtt pótolni. A takarmány alapkeverékét saját receptúra alapján többféle összetevő homogenizálásával állítottuk össze, majd azt síkgyas pelletáló gépen 2,5 mm-es furatú matricán keresztül granuláltunk. Az alapkeverék elemanalízise alapján megállapítottam, hogy a kontroll keveréktakarmány egy kg-ja $254,73 \pm 14,21$ mg magnéziumot tartalmazott, melyet a könnyebb számolhatóságért a továbbiakban csak 250 mg-nak jelöltem. A keveréktakarmány magnézium dúsításához kristályvizes magnézium-kloridot ($\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$) használtam, mellyel a következő kezeléseket állítottuk be három ismétlésben: 100; 200; 300; 400 mg Mg/kg.

A kísérlet kezdete előtt 1 héttel a kísérleti állományt szoktatás céljából kihelyeztük az $1,7 \text{ m}^3$ víztérfogatú ivadék- és lárvanevelő recirkulációs rendszerbe (15 db, egyenként 70 liter térfogatú körmedencébe). Az átlagosan $14,56 \pm 0,30$ g tömegű halakból 225 darabot telepítettünk (15 db hal/kád). A 8 hetes futamidejű kísérlet alatt a víz hőmérsékletét folyamatosan 25 ± 1 °C között tartottuk a kádakban elhelyezett elektromos fűtőkkel, a sótartalmat 5 ppt-re állítottuk be. A folyamatos levegőztetést központi légbefúvó segítségével, porlasztóköveken keresztül biztosítottuk. A fotoperiódus 12 óra világos és 12 óra sötétség volt. A takarmányozás étvágy szerint történt, napi 4 alkalommal, a keveréktakarmány fogyását és az elhullásokat folyamatosan regisztráltuk.

A legnagyobb átlagtömeget a 200 mg/kg-os kezelésnél kaptam ($42,06 \pm 8,15$ g), míg a legkisebb a 400 mg/kg-os csoport ivadékainál volt ($31,53 \pm 7,90$ g), azonban még e két kezelés között sem lehetett statisztikailag igazolható különbséget kimutatni. A heti mérések alkalmával kapott átlagtömegek között sem találtunk jelentős különbséget, az egyes kezelések átlagtömege a 8. hét végére is viszonylagos egyezőséget mutatott. A halak kondíciófaktorának (K) vizsgálatakor sem találtam szignifikáns különbségeket az egyes kezelések között, azonban a kontrollhoz képest (2,36) – a 400 mg/kg-os kezelés kivételével – mindegyik csoportnál számított K faktor nagyobb volt. A legkedvezőbb kondíciója a 200 mg/kg-os kezelés (2,76) halainak volt, azonban statisztikailag nem különbözött a többitől. A specifikus növekedési ütemben (SGR) nem kaptunk jelentős különbségeket az egyes csoportokban (1,34 - 1,70 %/nap). Az ivadék SGR-je a kontrolltól a 200 mg/kg kezelésig növekedett, majd a 300 és 400 mg/kg-os kezelésnél csökkenő tendenciát tapasztaltam. A takarmányértékesítés (FCR) értéke $2,29 \pm 0,20$ g/g és $3,54 \pm 0,09$ g/g között változott kezeléstől függően. A kontrollhoz és

a 100 mg/kg-os csoporthoz képest a 200, 300 és a 400 mg/kg-os kezelés értékei igazolhatóan jobbnak bizonyultak. A legjobb takarmányértékesítést ($2,29 \pm 0,20$ g/g) a 300 mg/kg-os csoportban kaptam. Fontos megjegyezni, hogy a kísérlet során egy saját magam által összeállított takarmányt használtam, mely beltartalmi paraméterei jelentősen elmaradtak a professzionális, kereskedelemben kapható keveréktakarmányokétól, így ezzel magyarázható a hasonló kísérleteknél „megszokott” 0,9 – 1,5 közötti értékeknél rosszabb takarmányértékesítés. A halak megmaradást vizsgálva megállapítható, hogy a kontrollhoz képest minden más csoportban jobb volt a túlélés, azonban ezt statisztikailag nem tudtam igazolni. A legtöbb halat a 300 mg/kg-os kezelésből halásztuk le, (73 ± 13 %), ami jelentősen jobb volt, mint a kontrollnál tapasztalt (47 ± 18 %). A halak testtömeg-gyarapodása (WG) a kontrolltól a 200 mg/kg kezelésig növekedett, ezt követően csökkent. A legnagyobb értéket a 200 mg/kg-os kezelésnél (191 ± 55 %), míg a legkisebbet a 400 mg/kg-os kezelésnél (115 ± 54 %) kaptuk. Statisztikailag igazolható különbséget azonban ennél a mutatónál sem találtam a kezelések között.

A kísérlet végén minden kádból 3-3 halat lehalásztunk, melyeket elemanalízisnek vettem alá. A halak filéjének vizsgálatakor azt tapasztaltam, hogy a takarmány magnézium tartalmának emelkedésével a halhús kalcium tartalma csökkent. A hús magnézium tartalmában nem találtam jelentős eltérést. A halak csontjának kalciumtartalmát tekintve minden kezelésből mért érték statisztikailag igazolhatóan kisebb volt a kontrollnál, és a csont magnézium tartalma nem változott meg jelentősen.

10 SUMMARY

The demand for fish meat is continuously growing in the world, but it is increasingly difficult for the marine and freshwater fish stocks – decreasing mostly because of overfishing – to cover this need. This situation can only be solved by the dynamically developing aquaculture, which is well demonstrated by the fact that the share of thus produced fish in the total fish production of the world is increasing from year to year. The EU, recognizing the potential of the sector, plans to significantly increase the output of its aquaculture in the coming years, to which – because of its favourable conditions – Hungary can contribute considerably. The National Aquaculture Strategic Plan of Hungary, which was approved in 2015, envisages a 25% increase of Hungarian aquaculture production by 2023. One of the solutions for this capacity increase could be the establishment of new, intensive fish farms.

Recently, there have been several attempts in European (and Hungarian) fish farming to introduce exotic fish species with high economic potential into production. Considering the significant thermal water resources of Hungary, highly saline groundwaters could be perfectly suitable for the production of warmwater marine and euryhaline fish species, which have unlimited market potential on foreign markets. The characteristics of red drum (*Sciaenops ocellatus*) make it ideally suited to introduction to intensive aquaculture, but its appearance in domestic production requires the development of fry rearing and feeding technologies of the species adapted to Hungarian conditions.

Based on the above, the main objective of my Ph.D research was to develop a relatively easily produced enriched live feed and feed additive with a positive effect on the health and production parameters of the fish, which would make the production of red drum safer in Hungarian conditions (among others).

During fry rearing of fish, it is extremely important to keep mortality low. A solution for this could be the selenium enrichment of live and pelleted feeds, as the trace element taken up this way can help maintain the health of the fish and significantly contribute to a favourable development of production parameters. Consequently, we were looking for an answer to the question, whether the selenium enrichment of zooplankton and the pelleted feed is possible and whether it can positively affect the production parameters of red drum larvae and fry. During the evaluation of the experiments, we also tried to determine the optimum selenium quantities for larvae and fry. As, of all microelements, selenium has the narrowest margin between essential and toxic concentrations, we also considered it important to study the toxic effect of the used selenium preparation (nano elemental selenium) during our studies.

During the experiments, we were faced with the problem that the magnesium content of the

fish rearing system water did not fully correspond to the needs of red drum, and thus, the maintenance of adequate health conditions required continuous magnesium supply. Macroelement supply by dissolving crystalline magnesium chloride in the water was found to be rather costly and cumbersome, and thus, we were also interested whether the magnesium need of red drum fry could be met by Mg enrichment of the feed.

Nanoselenium enrichment of Artemia sp.

Zooplankton occurring in the nature contains significantly higher trace element contents than when it is reared artificially, and thus, in fish production, it is advisable to enrich the live feed of fish larvae with some microelements. In our experiment, we studied the enrichment of *Artemia* sp. with nano elemental selenium.

Artemia sp. eggs were incubated for 24 hours in 5-liter plastic vessels at a density of 2 g eggs per liter. During the incubation, the temperature of water, which had a salinity of 20 g/l, was continuously kept at 28 ± 1 °C, the aeration was done using airstones, the illumination was continuous. After incubation, *Artemia* nauplii were collected with a 150 µm mesh plankton net and separated from the shells and unhatched eggs. The freshly hatched brine shrimp were enriched in the nanoselenium solution during a 24-hour incubation time, with 6 treatments (1 mg/l; 5mg/l; 10 mg/l; 50 mg/l; 100 mg/l; 500 mg/l) in addition to the control and three replications per treatment. The total selenium content was determined using Hydride Generation Atomic Fluorescent Spectrometry (HG-AFS).

At the 500 mg/l dosage, all brine shrimp died by the end of the 24-hour enrichment period, as selenium was already obviously toxic to *Artemia* at this concentration, and therefore, this treatment was not applied further. The significant effect of Se enrichment was excellently demonstrated by analysis of variance, as the trace element concentrations accumulated in the zooplankton showed statistically significant differences ($p < 0.05$) between all treatments. It was interesting to observe that the highest accumulation of the element was found in the 50 mg/l treatment, while a significant decrease was experienced in the highest enriching treatment (100 mg/l). Most probably, the 100 mg/l concentration, similarly to the 500 mg/l treatment, was toxic to the zooplankton but the effect was not strong enough to kill the brine shrimp during the 24-hour enrichment period. Still, their activity decreased, and therefore, the expected selenium accumulation did not take place.

Study of nanoselenium-enriched Artemia sp. in a feeding experiment with red drum larvae

The experiment was conducted in 15 separate 40-liter aquaria (with a stocking density of 70 fish per unit) in a randomized block design, where the individual treatments (control, 1 mg/l

enrichment, 5 mg/l enrichment, 10 mg/l enrichment, 50 mg/l enrichment) were set up in three replications. The fish were kept in 15 ppt salinity water where 1 g analytical-grade magnesium chloride was dissolved per liter in order to obtain the Ca:Mg ratio of 1:3, which is optimal for fish. Individual water heaters were used to keep a constant water temperature of 27 ± 0.8 °C during the experiment. The photoperiod during the study was 12 hours light / 12 hours darkness. Fish were fed live feed *ad libitum* three times a day. The duration of the experiment was 9 days, after which, sample collection for further studies was done following a 24-hour starving period.

Feeding of *Artemia* sp. with increasing nanoselenium concentrations improved the viability of larvae, even though only the 10 mg/l treatment differed significantly from the control group. Here, 69% survival was experienced. Nanoselenium applied at concentrations higher than 10 mg/l already had negative effects on the health of the larvae. The nanoselenium enrichment of the live feed had favourable effects on the weight gain as well. The average body weight was 0.095 g in the control group. Up to the 5 mg/l concentration (average weight: 0.140 g), body weights showed an increasing trend, but a statistically significant difference was only found between the control group and the 5 mg/l treatment. A considerable decrease was experienced in the 50 mg/l group, and thus, it can be stated that this concentration was toxic to the larvae.

The body length of the fish larvae ranged between 14.6 mm (50 mg/l) and 18.9 mm (5 mg/l), depending on the treatment. These two values differed significantly. In terms of body length – similarly to body weight – the 5 mg/l and the 50 mg/l treatments were found to be the best and the worst, respectively. The latter is explained by the toxic effect of the excessive selenium uptake. The selenium enrichment of live feeds improved the specific growth rate (SGR) of red drum larvae. The most favourable SGR (24.52%) was experienced in the 5 mg/l treatment, which was found to be significantly better than the value obtained for the control group (20.22%). Application of Se dosages above 5 mg/l considerably decreased the SGR, the 50 mg/l treatment already affected the larvae negatively (15.77%). Values of the condition factor (K) exhibited a trend similar to the previous two indices, but the positive or negative effect of the selenium enrichment of the feed could not be proven statistically. We did not find statistically significant differences among the treatments in the enzyme activity of glutathione peroxidase either.

The selenium accumulation by the larvae ranged between 2.19 (*control*) and 39.24 mg/kg (50 mg Se/l). The differences between all treatments were significant, which demonstrated that the selenium uptake by red drum larvae from the nanoselenium-enriched live food was

successful.

Correlation analysis was also performed between the treatments and individual measured parameters. SGR was in positive correlation with all studied parameters. Growth rate was in close correlation with the body weight ($r=0.863$) and body length ($r=0.792$) of the fish larvae. SGR had a moderate correlation with the condition factor ($r=0.610$), and the enzyme activity of glutathione peroxidase ($r=0.532$). There was a close positive correlation ($r=0.765$) between the quantities of selenium accumulated in the *Artemia* and in the larvae, which is an excellent proof of the incorporation of this trace element from the brine shrimp into the body of the larvae.

During the evaluation of the experiment results, we were also looking for an answer to the question, whether the optimum quantity of nanoselenium for red drum larvae could be determined from the available data. This was calculated using regression analysis. Based on the regression of trend functions, a very close correlation was found between the studied parameters and selenium application (body weight: $R^2=0.9789$; standard length: $R^2=0.9911$; SGR: $R^2=0.9694$). The Se quantity where the function culminates was calculated from the trend function formulae. This maximum was 5.25 mg/l for body weight, 5.22 in case of body length and 5.69 mg/l for SGR. The regression of the trend functions showed a close correlation between survival and selenium treatments ($R^2=0.8646$).

Study on the feeding of nursed fry of red drum with nanoselenium-enriched pelleted feed

All commercially available fish feeds contain approximately the same quantities of selenium, while the selenium demand of individual species is different.

The positive effect of nanoselenium on red drum fry was also studied. A commercially available feed with 42% protein and 22% fat content was used to prepare the experimental feed. Based on analytical measurements, its original selenium content was 0.46 mg/kg in the form of organic selenium (selenomethionine). The feed was ground to powder and enriched using nanoselenium suspension. After homogenisation and addition of 5% water, it was pelleted once again using a pelleting machine with a 2.5 mm sieve matrix. The red drum used in the experiment were stocked into a larval and fry rearing recirculating system with a water volume of 1.7 m³ (18 round tanks with a volume of 70 liters each) one week before the beginning of the experiment for acclimatization purposes. 540 fish with average weight of 3.5 ± 0.1 g were stocked (30 fish/tank). In addition to the control group, 5 treatments (1 mg/kg Se, 1.5 mg/kg Se, 2.5 mg/kg Se, 5.5 mg/kg Se, 10.5 mg/kg Se) were set up in three replications. During the 8-week experiment, the temperature of the 5 ppt salinity water was continuously

kept at $25 \pm 1^\circ\text{C}$ with the help of electric heaters placed into the buffer tank. Continuous aeration was done using a central air blower, through airstones. The photoperiod was 12 hours light / 12 hours darkness. Feeding was done *ad libitum*, 4 times a day, feed consumption was continually registered in order to be able to calculate the feed conversion ratios.

The average body weight of the fish was significantly lower in the 10.5 mg/kg treatment than in the control group, which was probably caused by the toxic effect of the selenium. During the study of the fry biomass, too, a significantly lower value was obtained in the 10.5 mg Se/kg treatment (589 g), while the biomasses in other treatments were similar to the control group (722-767 g). As a result of nanoselenium supplementation, survival was significantly better in the 1, 1.5, 2.5 and 5.5 mg/kg treatments than in the control group ($90 \pm 0\%$) and the 10.5 mg/kg group ($85 \pm 2\%$), while there were no significant differences between the other groups. Cannibalism or considerable size variability were not experienced in any of the treatments.

The specific growth rate (SGR) showed a decreasing trend as a result of increasing selenium supplementation dosages. This value was 3.43% in the 10.5 mg/kg treatment, which was significantly worse than the value calculated for the control group (3.7%). The feed conversion ratio (FCR) of the fry was very favourable during the experiment, its values ranged between 0.77 – 0.90 g/g depending on the treatment. The FCR calculated for the 10.5 mg/kg concentration was significantly different from that of the control group – and all other treatments –, which suggested toxicity of the applied selenium dosage. The best FCR was found in the 1.5 and 2.5 mg/kg groups. However, the feeding of nanoselenium-enriched feed did not significantly affect the weight gain (WG) of the fry. The selenium content of the rearing water was continually monitored during the experiment, but it did not change measurably, and thus, it can be stated that there was no cross-contamination between the individual treatments, i.e. the obtained results were due to the different selenium content of the feed.

We also wanted to know how much selenium accumulated in the different organs of the fry, and therefore, we studied the liver, flesh and eye of the fish. Selenium was not stored uniformly in fish organs, the highest levels were measured in the liver (3.38 to 14.37 mg/kg depending on the treatment), significantly less was measured in the eye, while the lowest quantities of the microelement were accumulated in the fish flesh. Probably only the selenium that could not be stored in other organs was found here. The liver, as an important organ of storage, stored 171% and 356% more selenium than the fillet in the control group and the 10.5 mg Se/kg treatment, respectively. The values measured in the eye showed a trend similar to

that in the liver, but the quantity of trace element stored there was significantly lower, ranging between 2.09 and 7.91 mg/kg. In the fillet, the highest selenium levels were measured in the 10.5 mg/kg group; these were significantly higher than the values measured for the other treatments.

Free fatty acids, similarly to the selenium, take part in the antioxidant system of the organism, and therefore, at the end of the experiment, we studied whether the free fatty acid levels had changed in the fish as a result of the individual treatments. Significantly higher values than in the control group (72 mg/100 g) were measured in all treatments, the highest free fatty acid level (308.1 mg/100 g) was found in the 1 mg/kg group. The amount of ω 3 and ω 6 fatty acids also increased, and selenium supplementation also changed the ratio of ω 3 and ω 6 fatty acids: while their share was nearly equal in the control group, 71.5-74.4% of the total free fatty acids consisted of ω 3 fatty acids in this treatment.

The correlation analysis showed moderate negative to close negative correlation between the Se accumulated in the liver, fillet and eye, on the one hand, and the weight gain, on the other. Likewise, a medium negative correlation was also found between the survival and the Se content of the liver ($r = -0.685$) and the eye ($r = -0.648$). Moderate positive to close positive correlations were found between the FCR and the Se content of the organs, i.e. the higher was the accumulation of the trace element, and the worse was the feed conversion. The specific growth rate (SGR) of the fish was also in moderate to strong correlation with the Se accumulated in the different organs, the sign of the correlation was negative in all cases. A similar trend was experienced with WG (between the Se content of the liver and the WG: $r = -0.662$; between the Se content of the eye and the WG: $r = -0.703$; between the Se content of the fillet and the WG: $r = -0.695$).

Based on the above, the direct effect of the trace element quantities accumulated in individual fish organs on the production parameters of the fry was proven. The results showed that the selenium demand of the nursed fry was mostly satisfied by the original selenium content of the manufactured feed.

Study of a magnesium-enriched pelleted feed in a feeding experiment with red drum fry

The water used in the studies did not contain sufficient magnesium for the red drum (Ca^{2+} : 150.02 mg/l, Mg^{2+} : 147.7 mg/l), and therefore, its supplementation through feeding was attempted in our experiment. The basic feed mix was prepared on the basis of an own formula by homogenization of several ingredients, then it was pelleted in a flat die pelleting machine on a 2.5 mm matrix. The analysis of the element composition of the basic mix determined that

1 kg of the control feed contained 254.73 ± 14.21 mg magnesium, which was further referred to as 250 mg for ease of calculation. Magnesium chloride hexahydrate ($\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$) was used to enrich the feed with magnesium. The following treatments were set up in three replications: 100, 200, 300, 400 mg Mg/kg.

The experimental stock was placed into a larval and fry rearing recirculating system with a water volume of 1.7 m^3 (15 round tanks with a volume of 70 liters each) one week before the beginning of the experiment for acclimatization purposes. 225 fish with average weight of 14.56 ± 0.30 g were stocked (15 fish/tank). During the 8-week experiment, the temperature of the water was continuously kept at $25 \pm 1^\circ\text{C}$ with the help of electric heaters placed into the tanks, the salinity was set at 5 ppt. Continuous aeration was done using a central air blower, through airstones. The photoperiod was 12 hours light / 12 hours darkness. Feeding was done *ad libitum*, 4 times a day, feed consumption and mortalities were continually registered.

The highest average body weight was found in the 200 mg/kg treatment (42.06 ± 8.15 g), while the lowest was measured in the fry of the 400 mg/kg group (31.53 ± 7.90 g); however, there was no detectable statistically significant difference even between these two treatments. There were no significant differences among the weekly body weight measurements, either, the average weight measured in the individual treatments was relatively the same even at the end of Week 8. The study of the condition factor (K) of the fish did not reveal significant differences among the treatments, either; however, the K factors calculated for all groups (with the exception of the 400 mg/kg treatment) were higher than in the control group (2.36). The condition factor was the most favourable (2.76) in the fish of the 200 mg/kg treatment, but it was not statistically different from the rest. No significant differences were found in the specific growth rate (SGR) of the individual groups, either (1.34-1.70%/day). The SGR of the fry grew from the control group to the 200 mg/kg treatment, then a decreasing trend was experienced in the 300 and 400 mg/kg treatments. The values of the feed conversion ratio (FCR) ranged between 2.29 ± 0.20 g/g and 3.54 ± 0.09 g/g depending on the treatment. The values of the 200, 300 and 400 mg/kg treatments were significantly better than those of the control group and the 100 mg/kg group. The feed conversion ratio was the best (2.29 ± 0.20 g/g) in the 300 mg/kg group. It is important to note that the feed used in the experiment was prepared by us and its nutrient content was considerably worse than in commercially available professional feeds. This explains why the feed conversion ratio was worse than the 0.9 – 1.5 values „customary” for such experiments. Studying the survival of the fish, it was found that the survival in all treatments was better than in the control group, but this result could not be validated statistically. The number of harvested fish was the

highest ($73 \pm 13\%$) in the 300 mg/kg treatment, which was significantly higher than in the control group ($47 \pm 18\%$). The weight gain (WG) of the fish increased from the control group to the 200 mg/kg treatment, then decreased. The highest and lowest values were obtained in the 200 mg/kg treatment ($191 \pm 55\%$) and in the 400 mg/kg treatment ($115 \pm 54\%$), respectively. However, the differences in this parameter between the treatments were not statistically significant, either.

At the end of the experiment, 3 fish were collected from each tank for analysis of the element composition. The study of fish fillets showed that the calcium content of fish flesh decreased with the increase of the magnesium content of the feed. No significant differences were found in the magnesium content of the flesh. The calcium content of the fish bones was significantly lower in all treatments than in the control group, while the magnesium content of the bones did not change significantly.

11 IRODALOMJEGYZÉK

1. AKI (2017): Agrárgazdasági Kutató Intézet: Lehalászás Jelentés XXII. évfolyam. 2017. ISSN 1418 2130.
2. ANDERSON P.H., BERRETT S., PATTERSON D.S.P. (1978): Glutathione peroxidase activity in erythrocytes and muscle of cattle and sheep and its relationship to selenium. *Journal of Comparative Pathology*. 88. 181-189.
3. APPELBAUM S. (2011): Aquaculture experiences in the Negev Desert in Israel. In Crespi V., Lovatelli A. (szerk.): *Aquaculture in desert and arid lands: development constraints and opportunities*. FAO Technical Workshop. 6-9 July 2010, Hermosillo, Mexico. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings No. 20. Rome, FAO. 2011., 113-118.
4. ARNOLD C.R. (1988): Controlled year-round spawning of red drum *Sciaenops ocellatus* in captivity. In: Arnold C.R., Holt G.J., Thomas P. (szerk.): *Red Drum Aquaculture: Proceedings of a Symposium on the Culture of Red Drum and Other Warm Water Fishes*. Contributions in Marine Science. Supplement to Volume 30. University of Texas at Austin, Texas, USA. 6-70.
5. ARNOLD C.R., BAILEY W.H., WILLIAMS T.D., JOHNSON A., LASSWELL J.L. (1979): Laboratory spawning and larval rearing of red drum and southern flounder. *Proceedings of the 1977 Annual Conference Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies* 31. 437-440.
6. ARTHUR J.R. (1991): The role of selenium in thyroid hormone metabolism. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 69. 1648-1652.
7. ASHOURI S., KEYVANSHOKOOH S., SALATI A.P., JOHARI S.A., PASHAZANOOSI H. (2015): Effects of different levels of dietary selenium nanoparticles on growth performance, muscle composition, blood biochemical profiles and antioxidant status of common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*. 446. 25-29.
8. ASMFC. (1999): Review of the fishery management plan for red drum (*Sciaenops ocellatus*). Atlantic States Marine Fisheries Commission.
9. AWASTHI Y.C., BEUTLER E., SRIVASTAVA S.K. (1975): Purification and properties of human erythrocyte glutathione peroxidase. *Journal of Biological Chemistry*. 250.13. 5144-5149.

10. BAIDYA S., MURTHY H.S. (2015): Growth performance and body composition of rohu, *Labeo rohita* fed organic selenium supplemented diets. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 2.5. 65-68.
11. BAKONYI G., JUHÁSZ L., KISS I., PALOTÁS G. (1995): Állattan. (szerk: Bakonyi G.). Mezőgazda Kiadó. 1-805.
12. BARCLAY W., ZELLER S. (1996): Nutritional enhancement of n-3 and n-6 fatty acids in rotifers and *Artemia nauplii* by feeding spray-dried *Schizochytrium* sp. *Journal World Aquacult. Society*. 27. 314-322.
13. BASS R.J., AVAULT Jr.J.W. (1975): Food habits, length-weight relationship, condition factor, and growth of juvenile red drum, *Sciaenops ocellata*, in Louisiana. *Transactions of the American Fisheries Society*. 104. 35-45.
14. BEARDEN C. M. (1967): Salt-water impoundments for game fish in South Carolina. *The Progressive Fish-Culturist*. 29. 123-128.
15. BECKMAN D. W., WILSON C. A., STANLEY A. L. (1988): Age and growth of red drum, *Sciaenops ocellatus*, from offshore waters of the northern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletins*. 87. 17-28.
16. BELL J.G., COWEY C.B. (1989): Digestibility and bioavailability of dietary selenium from fishmeal, selenite, selenomethionine and selenocystine in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. 81. 61-68.
17. BELL J.G., COWEY C.B., ADRON J.W., SHANKS A.M. (1985): Some effects of vitamin E and selenium deprivation on tissue enzyme levels and indices of tissue peroxidation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *British Journal of Nutrition*. 53. 149-157.
18. BIRÓ J., VARGA D., HANCZ CS., MOLNÁR T. (2009): Különböző mértékű szelén kiegészítés hatása az afrikai harcsa termelésére és a filé szelén tartalmára. *Halászatfejlesztés 32 – Fisheries & Aquaculture Development*. 32. 31-36.
19. BOOTHBY R.N., AVAULT J.W.Jr. (1971): Food habits, length-weight relationship, and condition factor of the red drum (*Sciaenops ocellata*) in Southeastern Louisiana. *Transactions of the American Fisheries Society*. 100. 290-295.
20. BREUER H. (2003): *Atlasz Kémia*, Athenaeum Kiadó, Budapest. 1-470.
21. BRINKMEYER R., HOLT G.J. (1998): Highly unsaturated fatty acids in diets of red drum (*Sciaenops ocellatus*) larvae. *Aquaculture*. 161. 253-268.

22. BROWN D.J.A., LYNAM S. (1981): The effect of sodium and calcium concentrations on the hatching of eggs and the survival of the yolk sac fry of brown trout, *Salmo trutta* L. at low pH. *Journal of Fish Biology*. 19. 205-211.
23. BURK R.F. (2002): Selenium an antioxidant nutrient. *Nutrition in Clinical Care*.5. 7579.
24. BUSCH K.E.T., FALK-PETERSEN I.B., PERUZZI S., RIST N.A., HAMRE K. (2010): Natural zooplankton as larval feed in intensive rearing systems for juvenile production of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture Research*. 41. 1727-1740.
25. BUSCH K.E.T., PERUZZI S., TONNING F., FALK-PETERSEN I.B. (2011): Effect of prey type and size on the growth, survival and pigmentation of cod (*Gadus morhua*, L.) larvae. *Aquaculture Nutrition*. 17. E595-E603.
26. CADENAS E. (1989): Biochemistry of oxygen-toxicity. *Annual Review of Biochemistry*. 58. 79-110.
27. CALDWELL S., CARR F. (2000): *Changes of Tides*. Coastal Conservation Association, Houston, Texas.
28. CHAO L.N., MUSICK J.A. (1977): Life history, feeding habits, and functional morphology of juvenile sciaenid fishes in the York River Estuary, Virginia. *Fish Bull, U.S.* 75.4. 657-702.
29. CHASSAIGNE H., CHÉRY C.C., BORDIN G., RODRIGUEZ A.R. (2002): Development of new analytical methods for selenium speciation in selenium-enriched yeast material. *Journal of Chromatography A*. 976. 409-422.
30. CHEN J., BERRY M.J. (2003): Selenium and selenoproteins in the brain and brain diseases. *Journal of Neurochemistry*. 86. 1-12.
31. CHEN P.X., ZENG Z.N., LIN Q. (1999): Studies on artificial rearing technique of *Sciaenops ocellatus*. *Marine Science*. 1. 5-8.
32. CLARKE M.L., HARVEY D.G., HUMPHREYS D.J. (1981): *Veterinary Toxicology*. 2nd Edition. 70-73.
33. COLURA R.L., BUMGUARDNER B.W., HENDERSON-ARZAPALO A., GRAY J.D. (1990): Culture of red drum fingerlings. Report No 22, Management Data Series. Texas Parks and Wildlife Department, Coastal Fisheries Branch, Austin, Texas.

34. COTTER P.A., CRAIG S.R., MCLEAN E. (2008): Hyperaccumulation of selenium in hybrid striped bass: a functional food for aquaculture? *Aquaculture Nutrition*. 14. 215-222.
35. COUTTEAU P., SORGELOOS P. (1997): Manipulation of dietary lipids, fatty acids, and vitamins in zooplankton cultures. *Freshwater Biology*. 38. 501-512.
36. COWEY C.B., KNOX D., ADRON J.W., GEORGE S., PIRIE B. (1977): The production of renal calcinosis by magnesium deficiency in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *British Journal of Nutrition*. 38. 127-135.
37. CRAIG S.R., NEILL W.H., GATLIN D.M. III (1995): Effects of dietary lipid and environmental salinity on growth, body composition and cold tolerance of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Fish Physiology and Biochemistry*. 14. 49-61.
38. CROCKER P.A., ARNOLD C.R., DEBOER J.A., HOLT G.J. (1981): Preliminary evaluation of survival and growth of juvenile red drum *Sciaenops ocellatus* in fresh and salt water. *Journal of the World Mariculture Society*. 12. 122-134.
39. CROCKER P.A., ARNOLD C.R., DEBOER J.A., HOLT G.J. (1983): Blood osmolality shift in juvenile red drum *Sciaenops ocellatus* L. exposed to fresh water. *Journal of Fish Biology*. 23. 315-319.
40. DABROWSKA H., MEYER-BURGDORFF K., GÜNTHER D. (1989): Interaction Between Dietary Protein and Magnesium Level in Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. Amsterdam. 76. 277-291.
41. DALL W., MORIARTY J.W. (1983): Functional aspects of nutrition and digestion. *The Biology of Crustacea*. New York. 5. 215-216.
42. DAVIES K.J.A. (2000): Oxidative stress, antioxidant defenses, and damage removal, repair, and replacement systems. *Iubmb Life*. 50. 279-289.
43. DAVIS D.A., GATLIN III. D.M. (1996): Dietary mineral requirements of fish and marine crustaceans. *Reviews in Fisheries Science*. 4.1.75-99.
44. DAVIS J.T. (1991a): Red drum: biology and life history. Publication no. 320., Southern Regional Aquaculture Center, Stoneville, Mississippi.
45. DAVIS J.T. (1991b): Red drum: brood stock and hatchery production. Publication no. 323, Southern Regional Aquaculture Center, Stoneville, Mississippi.
46. DAVIS J.T. (1991c): Red drum Production of Fingerlings and Stockers. Publication no. 324, Southern Regional Aquaculture Center, Stoneville, Mississippi.

47. DAVIS J.T. (1991d): Red drum Site Selection and Pond Construction. Publication no. 321, Southern Regional Aquaculture Center, Stoneville, Mississippi.
48. DAVIS J.T. (1991e): Red drum Production of Food Fish. Publication no. 322, Southern Regional Aquaculture Center, Stoneville, Mississippi.
49. DISKIN C.J., TOMASSO C.L., ALPER J.C., GLASER M.L., FLIEGEL S.E. (1979): Long-term selenium exposure. *Archives of Internal Medicine*. 139. 824-826.
50. DOI (Department of the Interior) (2008): 2006 National Survey of Fishing, Hunting, and Wildlife-Associated Recreation–Texas. U.S. Dept. of the Interior, Fish and Wildlife Service, U.S. Dept. of Commerce, and U.S. Census Bureau. Online at <<http://www.census.gov/prod/2008pubs/fhw06-tx.pdf>>.
51. DOLGOVA N. V., HACKETT M. J., MACDONALD T. C., NEHZATI S., JAMES A. K., KRONE P. H., GEORGE G. N. PICKERING I. J. (2016): Distribution of selenium in zebrafish larvae after exposure to organic and inorganic selenium forms. *Metallomics*. In press. DOI: 10.1039/C5MT00279F.
52. DÖRR A.J.M., ABETE M.C., PREARO M., PACINI N., PORTA G., NATALI M., ELIA A.C. (2013): Effects of selenium supplemented diets on growth and condition indexes in juvenile red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 36. 2. 484-492.
53. EATiP (2012): The European Aquaculture Technology and Innovation Platform: The Future of the European Aquaculture. 2012. supported by the FP7 action ‘Aquinnova’.
54. ELIA A.C., PREARO M., PACINI N., DÖRR A.J.M., ABETE M.C. (2011): Effects of selenium diets on growth, accumulation and antioxidant response in juvenile carp. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 74.2. 166-173.
55. EL-MOWAFI A., MAAGE A. (1998): Magnesium requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr in seawater-treated fresh water. *Aquaculture Nutrition*. 4. 31-38.
56. FAIRWEATHER-TAIT S.J., BAO Y., BROADLEY M.R., COLLINGS R., FORD D., HESKETH J.E., HURST R. (2011): Selenium in human health and disease. *Antioxidants & Redox Signaling*. 14.7. 1337-1383.
57. FAN A.M., KIZER K.W. (1990): Selenium-Nutritional, toxicologic, and clinical aspects. *Western Journal of Medicine*. 153. 160-167.

- 58.** FAO - Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Branch - 19/01/2016 (termelési adatok)
- 59.** FEHÉR M. (2014): A barramundi (*Lates calcarifer*, Bloch, 1790) és a vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus*, L. 1766) ivadéknevelési és takarmányozási technológiának fejlesztése. Doktori (Ph.D.) értekezés. Debreceni Egyetem. 1-114.
- 60.** FEHÉR M., BARANYAI E., BÁRSONY P., JUHÁSZ P., CSORVÁSI É., STÜNDL L. (2013): A takarmány mikroelem kiegészítésének hatása a barramundi (*Lates calcarifer*) lárva, illetve ivadék termelési paramétereire és egyöntetűségére. XXXVII. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas. 17.
- 61.** FELEDI T., GYALOG G., KUCSKA B., FEHÉR M., BORBÉLY GY., JANCSÓ M., STÜNDL L., RÓNYAI A. (2011): Újabb ígéretes fajok az európai akvakultúrában: a barramundi (*Lates calcarifer* Bloch, 1790) és a vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus* L., 1766). Halászat. 104/3-4. 75-80.
- 62.** FLORES-MATEO G., NAVAS-ACIEN A., PASTOR-BARRIUSO R., GUALLAR E. (2006): Selenium and coronary heart disease: a meta-analysis. American Journal of Clinical Nutrition. 84. 762-773.
- 63.** FORD P. (1958): Studies on the development of the kidney of the Pacific pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum). II. Variation in glomerular count of the kidney of the Pacific pink salmon. Canadian Journal of Zoology. 36. 45-47.
- 64.** FOSTER L.H., SUMAR S. (1995): Selenium in the environment, food and health. Nutrition & Food Science 5. 17-23.
- 65.** GAJBHIYE S.N., HIROTA R. (1990): Toxicity of heavy metals to brine shrimp *Artemia*. Journal of the Indian Fisheries Association. 20. 43-50.
- 66.** GARY C. (1993): Selenium toxicity in stock. Surveillance. 20.4. 17-19.
- 67.** GATLIN D.M. III (2000): Red drum culture. In: Stickney R.R. (szerk.): The Encyclopedia of Aquaculture. John Wiley and Sons, New York. 736-743.
- 68.** GATLIN D.M. III., WILSON R.P. (1984): Dietary selenium requirement of fingerling channel catfish. Journal of Nutrition. 114.3. 627-633.
- 69.** GATLIN D.M.III, ROBINSON E.H., POE W.E., WILSON R.P. (1982): Magnesium requirement of fingerling channel catfish and signs of magnesium deficiency. Journal

- 70.** GATLIN, D.M. III (2002): Red drum, *Sciaenops ocellatus*. In: Webster C.D., Lim C.E. (szerk): Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CAB International, New York. 147-158.
- 71.** GUEST W.G., LASSWELL J.L. (1978): A note on courtship behavior and sound production of red drum. *Copeia* 1978. 337-338.
- 72.** GUNTER G. (1945): Studies on marine fishes of Texas. Publications Institute of Marine Science of the University of Texas. 1(1). 1-190.
- 73.** HAFEMAN D.G., SUNDE R.A., HOEKSTRA W.G. (1974): Effect of dietary selenium on erythrocyte and liver glutathione peroxidase in the rat. *Journal Nutrition*. 104. 580-587.
- 74.** HALVER J.E. (2002): The minerals. In: Halver J.E., Hardy R.W. (szerk.): Fish Nutrition (3rd edition) Academic Press, San Diego. 61-141.
- 75.** HAMILTON S.J. (2004): Review of selenium toxicity in the aquatic food chain. *Science of the Total Environment*. 326.1. 1-31.
- 76.** HAMILTON S.J., BUHL K.J., FAERBER N.L., BULLARD F.A., WIEDMEYER R.H. (1990): Toxicity of organic selenium in the diet to chinook salmon. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 9. 347-358.
- 77.** HAMRE K., MOLLAN T.A., SÆLE Ø., ERSTAD B. (2008a): Rotifers enriched with iodine and selenium increase survival in Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae. *Aquaculture*. 284. 190-195.
- 78.** HAMRE K., OPSTAD I., ESPE M., SOLBAKKEN J., HEMRE G.I., PITTMAN K. (2002): Nutrient composition and metamorphosis success of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*, L.) larvae fed natural zooplankton or Artemia. *Aquaculture Nutrition*. 8. 139-48.
- 79.** HAMRE K., SRIVASTAVA A., RØNNESTAD I., MANGOR-JENSEN A., STOSS J. (2008b): Several micronutrients in the rotifer *Brachionus* sp. may not fulfill the nutritional requirements of marine fish larvae. *Aquaculture Nutrition*. 14. 51-60.
- 80.** HAO X, LING Q., HONG F. (2014): Effects of dietary selenium on the pathological changes and oxidative stress in loach (*Paramisgurnus dabryanus*). *Fish Physiology and Biochemistry*. 40.5. 1313-1323.

- 81.** HAWKYARD M., SÆLE Ø., NORDGREEN A., LANGDON C., HAMRE K. (2013): Increasing the levels of the essential trace elements Se, Zn, Cu and Mn in rotifers (*Brachionus plicatilis*) used as live feed. *Aquaculture*. 380-383. 120-129.
- 82.** HICKS B.D., HILTON J.W., FERGUSON H.W. (1984): Influence of dietary selenium on the occurrence of nephrocalcinosis in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Diseases*. 7. 379-380.
- 83.** HILDEBRAND S. F., SCHROEDER W.C. (1928): Fishes of Chesapeake Bay. *Bull. U.S. Bur. Fish.* XLIII:1-388.
- 84.** HILTON J.W., HODSON P.V. (1983): Effect of increased dietary carbohydrate on selenium metabolism and toxicity in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Journal of Nutrition*. 113. 1241-1248.
- 85.** HILTON J.W., HODSON P.V., SLINGER S.J. (1980): The requirement and toxicity of selenium in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Journal of Nutrition*. 110. 2527-2535.
- 86.** HOESE H.D., MOORE R.H. (1977): Fishes of the Gulf of Mexico Texas A&M University Press, College Station. 327.
- 87.** HOLMES W.N., DONALDSON E.M. (1969): The body compartments and the distribution of electrolytes. In: Hoar W.S., Randall D.J. (szerk.): *Fish Physiology*. Vol. 1. Academic Press, New York, NY, 1-89.
- 88.** HOLT G. J., HOLT S. A., ARNOLD C. R. (1985): Diel periodicity of spawning in sciaenids. *Marine Ecology Progress Series. Ecol. Prog. Ser.* 27. 1-7.
- 89.** HOLT G.J. (1993): Feeding larval red drum on microparticulate diets in a closed recirculating water system. *Journal of the World Aquaculture Society*. 24. 225-230.
- 90.** HOLT G.J. (2005): Red drum aquaculture. In: Kelly M., Silverstein J. (szerk.): *Aquaculture in the 21st Century. American Fisheries Society Symposium*. 46. 457-463.
- 91.** HOLT G.J., ARNOLD C.A. (1983): Effects of ammonia and nitrite on growth and survival of red drum eggs and larvae. *Transactions of the American Fisheries Society*. 112. 314-318.
- 92.** HOLT J., JOHNSON A.G., ARNOLD C.R., FABLE W.A.JR, WILLIAMS T.D. (1981): Description of eggs and larvae of laboratory reared red drum, *Sciaenops ocellata*. *Copeia*. 4. 751-756.

- 93.** HOLT J.G., ARNOLD C.R., RILEY C.M. (1987): Intensive culture of larval and post-larval Red Drum. In: Chamberlain G.W., Miget R.J., Haby M.G. (szerk.): Manual on Red Drum Aquaculture, Preliminary draft of invited papers presented at the Production Shortcourse of the 1987 Red Drum Aquaculture Conference on 22–24 June 1987 in Corpus Christi, Texas 111-1.
- 94.** HONG W., ZHANG Q. (2003): Review of captive bred species and fry production of marine fish in China. *Aquaculture*. 227. 305-318.
- 95.** HOUSTON A.H. (1985): Erythrocyte magnesium in freshwater fishes. *Magnesium* 4. 106-128.
- 96.** HUANG B., ZHANG J., HOU J., CHEN C. (2003): Free radical scavenging efficiency of nano-Se in vitro. *Free Radical Biology & Medicine*. 35. 805-813.
- 97.** JARAMILLO F., GATLIN D. (2004): Comparison of purified and practical diets supplemented with or without β - glucan and selenium on resistance of hybrid striped bass *Morone chrysops* ♀ \times *M. saxatilis* ♂ to *Streptococcus iniae* infection. *Journal World Aquaculture Society*. 35.2. 245-252.
- 98.** JARAMILLO F.J., PENG L., GATLIN D.M.III. (2009): Selenium nutrition of hybrid striped bass (*Morone chrysops* \times *M. saxatilis*) bioavailability, toxicity and interaction with vitamin E. *Aquaculture Nutrition*. 15. 160-165.
- 99.** JIA X., LI N., CHEN J. (2005): A subchronic toxicity study of elemental NanoSe in Sprague-Dawley rats. *Life Sciences*. 76. 1989-2003.
- 100.** JOHNSON A.G., FABLE Jr. W.A., WILLIAMS T.D., ARNOLD C.R. (1977): Description of reared eggs and young larvae of the red drum, *Sciaenops ocellata*, In: Marine Fish propagation Study, Federal Aid Projects. F-34-R, Completion Report Texas Parks Wildlife Department. 118-140.
- 101.** JOHNSON G.D. (1978): Development of fishes of the mid-Atlantic Bight, an atlas of egg, larval, and juvenile stages. Vol 4: Carangidae through Ephippidae. U.S. Fish Wildlife Service FWS/OBS-78/12. 242-246.
- 102.** KESHAN DISEASE RESEARCH GROUP (1979): Observations on effect of sodium selenite in prevention of Keshan Disease. *Chinese Medical Journal*. 92., 471-476.
- 103.** KILBY J.D. (1955): The fishes of two Gulf coastal marsh areas of Florida. *Tulane Studies in Zoology*. 2(8). 176-247.

- 104.** KIM H-J., SAKAKURA Y., MARUYAMA I., NAKAMURA T., TAKIYAMA K., FUJIKI H., HAGIWARA A. (2014): Feeding effect of selenium enriched rotifers on larval growth and development in red sea bream *Pagrus major*. *Aquaculture*. 432. 273-277.
- 105.** KISSA E., M- APOSTOLOPAULOU M., KIORTSIS V. (1984): Effects of four heavy metals on survival and hatching rate of *Artemia salina* (L.) *Archiv fur Hydrobiologie*, Stuttgart. 102.2. 255-264.
- 106.** KLING L.J., SOARES J.H. (1978): Mercury metabolism in Japanese quail. II. The effects of dietary mercury and selenium on blood and liver glutathione peroxidase activity and selenium concentration. *Poultry Sciences*. 57. 1286-1292.
- 107.** KLINGENBERG I.L., KNABE D.A., SMITH S.B. (1995): Lipid metabolism in pigs fed beef tallow or high-oleic acid sunflower oil. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part B: Biochemistry & Molecular Biology*. 110. 1. 183-192.
- 108.** KNOX D., COWEY C.B., ADRON J.W. (1981): Studies on the nutrition of salmonid fish. The magnesium requirement of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *British Journal of Nutrition*. 45. 137-148.
- 109.** KOEDIJK R.M., FOLKVORD A., FOSS A., PITTMAN K., STEFANSSON S.O., HANDELAND S., IMSLAND A.K. (2010): The influence of first-feeding diet on the Atlantic cod *Gadus morhua* phenotype: survival, development and long-term consequences for growth. *Journal of Fish Biology*. 77. 1-19.
- 110.** KOK F., HOFMAN A., WITTERMAN J.C.M. (1989): Decreased Se levels in acute myocardial infarction. *Journal of the American Medical Association*. 261. 1161-1164.
- 111.** KOVÁCS B., PROKISCH J., GYŐRI Z., KOVÁCS A. B., PALENC SAR A. (2000): Analytical methods and quality assurance: studies on soil sample preparation for inductively coupled plasma atomic emission spectrometry analysis. *Communications in Soil and Plant Analysis*. 31. (11-14), 1949-1963.
- 112.** KÖHRLE, J. (2004): Selenium in biology and medicine—further progress and increasing interest. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 18. 61-63.
- 113.** KÜÇÜKBAY F. Z., YAZLAK H., KARACA I., SAHIN N., TUZCU M., CAKMAK M.N., SAHIN K. (2009): The effects of dietary organic or inorganic selenium in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under crowding conditions. *Aquaculture Nutrition*. 15.6. 569-576.

- 114.** LALL S.P. (1989): The minerals. In: Halver J.E. (szerk.): Fish nutrition. Academic press. San Diego. 219-257.
- 115.** LALL S.P., BISHOP F.J. (1977): Studies on mineral and protein utilization by Atlantic salmon, *Salmo salar* grown in sea water. Fisheries and Marine Service. 688. 16.
- 116.** LAZO J.P., DINIS M.T., HOLT G.J., FAULK C., ARNOLD C.R. (2000): Co-feeding microparticulate diets with algae: toward eliminating the need of zooplankton at first feeding in larval red drum (*Sciaenops ocellatus*). Aquaculture. 188. 339-351.
- 117.** LAZO J.P., HOLT G.J., ARNOLD C.R. (2002): Towards the development of suitable microdiets for substitution of live prey in the rearing of red drum (*Sciaenops ocellatus*) larvae: Applications of studies on digestive physiology. Fisheries Science. 68. (Supplement 1), 888–891.
- 118.** LAZO J.P., HOLT J.G., FAUVEL C., SUQUET M., QUÉMÉNER L. (2010): Drum fish and croakers (Family: Sciaenidae). In: François N. Le, Jobling M., Carter C., Blier P. (szerk.): Finfish Aquaculture Diversification, Author Affiliation Biodôme de Montréal, 4777 Avenue Pierre-Decoubertin, Montréal, Québec H1V 1B3, Canada Chapter 18. 397-417.
- 119.** LE K.T., FOTEDAR R. (2013): Dietary selenium requirement of yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). Agricultural Sciences. 4. 68-75.
- 120.** LEE C.S., HU F. (1983): Influences of Ca and Mg ions on the egg survival of grey mullet, *Mugil cephalus* L. Journal of Fish Biology. 22. 13-20.
- 121.** LEE C.S., KRISHNAN L. (1985): Influences of Ca and Mg ions on embryo survival, percentage hatching rates, and larval survival of dolphin fish *Coryphaena hippurus* L. Journal of the World Mariculture Society. 16. 95-100.
- 122.** LEE S., LEE J.-H., BAI S.C. (2008): A Preliminary Study on Effects of Different Dietary Selenium (Se) Levels on Growth Performance and Toxicity in Juvenile Black Seabream, *Acanthopagrus schlegelii* (BLEEKER). Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 21.12. 1794-1799.
- 123.** LEGER P., BENGSTON D.A., SIMPSON K.L., SORGELOOS P. (1968): The use and nutritional value of artemia as a food source. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review. 24. 521-623.

- 124.** LEGER P., BENGSTON D.A., SIMPSON K.L., SORGELOOS P. (1986): The use and nutritional value of *Artemia* as a food source. 521-623. In: Barnes M. (szerk.): *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. Vol 24.. Aberdeen Univ. Press, Aberdeen, Scotland. 687.
- 125.** LEGER P., SORGELOOS P., CHAMORO R.J. (1987): Improved hatchery production of postlarval *Penaeus vannamei* through application of innovative feeding strategies with an algal substitute and enriched *Artemia*. Abstract no. 56, Paper presented at 18th Annual Meeting of the World Aquaculture Society, January 18-23, 1987, Guayaquil, Ecuador.
- 126.** LEMLY A.D. (1997): A teratogenic deformity index for evaluating impacts of selenium on fish populations. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 37. 259-266.
- 127.** LEMLY A.D. (2002a.): Symptoms and implications of selenium toxicity in fish: the Belews Lake case example. *Aquatic Toxicology*. 57. 39-49.
- 128.** LEMLY A.D. (2002b.): *Selenium Assessment in Aquatic Ecosystems: A Guide for Hazard. Evaluation and Water Quality Criteria*. Springer, New York. 161.
- 129.** LENGYEL L. (2010): A tojás antioxidáns kapacitásának mérése japánfűrjben. Doktori értekezés. Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar. Gödöllő. 1-95.
- 130.** LETAVAYOVA L., VLCKOVA V., BROZMANOVA, J. (2006): Selenium: from cancer prevention to DNA damage. *Toxicology*. 227. 1-14.
- 131.** LEVANDER O. A. (1984): The importance of selenium in total parenteral nutrition. *Bulletin of the New York Academy of Medicine*. 60.2., 144-155.
- 132.** LEVANDER O.A., BURK, R.F. (1994): Selenium. In: Shils, M.E., Olson, J.A., Shike, M. (szerk.): *Modern Nutrition in Health and Disease*. Lea and Febiger, Philadelphia. 242-251.
- 133.** LIN Y.H., SHIAU S.Y. (2005): Dietary selenium requirements of juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*. *Aquaculture*. 250. 356-363.
- 134.** LIN Y.H., SHIAU S.Y. (2009): Mutual sparing of dietary requirements for alphanatocopherol and selenium in grouper, *Epinephelus malabaricus*. 294. 3-4. 242-245.
- 135.** LIN Y.H., KU C.Y., SHIAU S.Y. (2013): Estimation of dietary magnesium requirements of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*, reared fresh and seawater. *Aquaculture*. 380-383. 47-51.

- 136.** LINNAEUS, C. (1766): *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Tomus I.* Editio duodecima, reformata. Holmiae. (Laurentii Salvii): 1-532.
- 137.** LIU H.J., MAO X.H. (1999): Reproductive behavior and technology of inducing spawning of *Sciaenops ocellatus*. *Marine Science*. 3. 12-14.
- 138.** LIU K., WANG X.J., AI Q., MAI K., ZHANG W. (2010): Dietary selenium requirement for juvenile cobia, *Rachycentron canadum* L. *Aquaculture Research*. 41. e594-e601.
- 139.** LLANSO R.J., BELL S.S., VOSE F.E. (1998): Food habits of red drum and spotted seatrout in a restored mangrove impoundment. *Estuaries*. 21. 294-306.
- 140.** LORENTZEN M., MAAGE A., JULSHAMN K. (1994): Effects of dietary selenite or selenomethionine on tissue selenium levels of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. 121. 359-367.
- 141.** LOU Y.D. (2000): Present situation and countermeasure of the study on fish introduction. *Journal of Fisheries of China*. 24. 185-192.
- 142.** LOVELL T. (1988): Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand Reinhold, New York, USA, 260.
- 143.** LUEBKE R. W., STRAWN K. (1973): The growth, survival, and feeding behavior of redfish (*Sciaenops ocellata*) in ponds receiving heated discharge water from a power plant. *Proceedings of the World Mariculture Society*. 4. 143-154.
- 144.** MAIER K.J., KNIGHT A.W. (1994): Ecotoxicology of selenium in freshwater system. In: Ware G.W. (szerk.): *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. 134. Springer-Verlag, New York. 31-48.
- 145.** MATLOCK G.C. (1984): A basis for the development of a management plan for red drum in Texas. Doctoral dissertation, Texas A&M University, College Station, Texas. 1-114.
- 146.** MATLOCK G.C. (1990): The life history of the Red Drum. In: Chamberlain G.W., Miget R.J., Haby M.G. (szerk.): *Red Drum Aquaculture*, Texas A&M Sea grant Collage Programme, Collage Station, Texas, 1-22.

- 147.** MATLOCK G.C., HYSMITH B.T., COLURA R.L. (1984): Return of tagged red drum stocked into Matagorda Bay, Texas. Data Management Series No. 63, Texas Parks & Wildlife Dept., Coastal Fish. Branch, Austin. 6. 1-11.
- 148.** MAZEAUD M.M., MAZEAUD F., DONALDSON E.M. (1977): Primary and secondary effects of stress of fish: some new data with a general review. Transactions of the American Fisheries Society. 106. 201-212.
- 149.** MCADAM, P.A., LEVANDER, O.A. (1987): Chronic toxicity and retention of dietary selenium fed to rats and D- or L selenomethionine, selenite or selenate. Nutrition Research. 7. 601-610.
- 150.** MCEACHRON L.W., COLURA R.L., BUMGUARDNER B.W., WARD R. (1998): Survival of stocked red drum in Texas. Bulletin of Marine Science. 62. 359-368.
- 151.** MCEACHRON L.W., MCCARTY C.E., VEGA R.R. (1993): Successful enhancement of Texas red drum (*Sciaenops ocellatus*) population. Interactions between cultured species and naturally occurring species in the environment: Proceedings of the 22nd U.S.-Japan Aquaculture Panel Symposium, Alaska Sea Grant Rep: AK-SG-95-03. Homer, Alaska. 53-56.
- 152.** MCEACHRON L.W., MCCARTY C.E., VEGA R.R. (1995): Beneficial uses of marine fish hatcheries: Enhancement of red drum in Texas coastal waters. American Fisheries Society Symposium Series. 15. 161-166.
- 153.** MCEVOY L.A., NAVARRO J.C., HONTORIA F., AMAT F., SARGENT J.R. (1996): Two novel Artemia enrichment diets containing polar lipid. Aquaculture. 144. 339-352.
- 154.** MERCHIE G. (1996): Use of Nauplii and meta-nauplii. In: Lavens P., Sorgeloos P. (szerk.): Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture, FAO Fisheries Technical Paper 361., 137-163. FAO, Rome.
- 155.** MÉZES M., MATKOVICS B. (1986) A lipid peroxidáció molekuláris mechanizmusa és mennyiségi mérése. In: Csaba Gy. (szerk.): A biológia aktuális problémái 34. kötet, Medicina Könyvkiadó. 61-104.
- 156.** MILLER W.W. (1995): Red drum. Aquaculture Curriculum Guide. National Council for Agricultural Education, USDA, Iowa.

- 157.** MURPHY M.D., CRABTREE R.E. (2001): Changes in the age structure of nearshore adult red drum off west-central Florida related to recruitment and fishing mortality. *North American Journal of Fisheries Management*. 21. 671-678.
- 158.** MURPHY M.D., TAYLOR R. G. (1990): Reproduction, growth and mortality of red drum, *Sciaenops ocellatus*, in Florida. *Fishery Bulletins*. 88. 531-542.
- 159.** National Research Council (US) Subcommittee on Selenium (1983): Selenium in nutrition. National Academy Press. Washington D.C.
- 160.** NEILL W.H. (1990): Environmental Requirements of Red Drum. In: Chamberlain G.W., Miget R.J., Haby M.G. (szerk.): *Red Drum Aquaculture*. Texas A&M Sea Grant College Program, College Station, Texas, 105-109.
- 161.** NEILL W.H. (1987): Environmental requirements of red drum. In: Chamberlain G.W., Miget R.J., Haby M.G. (szerk.): *Manual on Red Drum Aquaculture*. Texas Agricultural Extension Service and Sea Grant College Program, College Station, Texas. IVI–IV8.
- 162.** Nemzeti Akvakultúra Stratégiai Terv (2015): A 2014-2020-as időszak Európai Tengerügyi és Halászati Alap szerint készült Magyar Halgazdálkodási Operatív Program kötelező kísérődokumentuma. Földművelésügyi Minisztérium. http://halaszat.kormany.hu/download/d/f5/f0000/2015_03_30_NAS_4%201_program%C3%ADr%C3%B3i%20verzi%C3%B3_v%C3%A9lem%C3%A9nyez%C3%A9sre.pdf.
- 163.** NGUYEN V.T., SATOH S., HAGA Y., FUSHIMI H., KOTANI T. (2008): Effect of zinc and manganese supplementation in *Artemia* on growth and vertebral deformity in red sea bream (*Pagrus major*) larvae. *Aquaculture*. 7. 184-192.
- 164.** NORSWORTHY C.B. (2000): The Effects of Selenium on the Death Rate of Brine Shrimp. *Cantaurus*. 8. 17-19.
- 165.** NOSE T., ARAI S. (1979a): Recent advances in studies on mineral nutrition of fish in Japan. In: Pillay T.V.R., Dill W.A. (szerk.): *Advances in Aquaculture*. Fishing News, Farnham, England. 584-590.
- 166.** NOSE T., ARAI S. (1979b): Summary on amino acid requirements of carp. Pp. 145-156 in *Finfish Nutrition and Fish feed Technology*, J. E. Halver and K. Tiews, eds. Berlin: Heenemann GmbH.
- 167.** NRC (National Research Council), 1993. *Nutrient Requirements of Fish*. National Academy Press, Washington, DC, 62-63.

- 168.** OGINO C., CHIOU J.Y. (1976): Mineral requirements in fish. 2. Magnesium requirements of carp. Bull. Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish. 42. 71-75.
- 169.** OGINO C., TAKASHIMA F., CHIOU J.Y. (1978): Requirement of rainbow trout for dietary magnesium. Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish. 44. 1105-1108.
- 170.** OMAYE S.T., TAPPEL A.L. (1974): Effect of dietary selenium on glutathione peroxidase in the chick. Journal of Nutrition. 104. 747-753.
- 171.** OREMLAND R.S., HERBEL M.J., BLUM J.S., LANGLEY S., BEVERIDGE T.J., AJAYAN P.M., SUTTO T., ELLIS A.V., CURRAN S. (2004): Structural and Spectral Features of Selenium Nanospheres Produced by Se-Respiring Bacteria. Applied Environmental Microbiology. 70. 92-60.
- 172.** OVERSTREET R.M., HEARD R.W. (1978): Food of the red drum, *Sciaenops ocellata*, from the Mississippi Sound. Gulf Research Reports. 6. 131-135.
- 173.** OVERSTREET, R.M. (1983): Aspects of the biology of the red drum, *Sciaenops ocellatus*, in Mississippi. Gulf Research Reports. 1. 45-68.
- 174.** PAFFORD J.M., NICHOLSON N. (1989): Georgia marine recreational fisheries survey, 1985-1987. Georgia Department of Natural Resources Report. 157.
- 175.** PALACE V.P., SPALLHOLZ J.E., HOLM J., WAUTIER K., EVAN R.E., BARON C.L. (2004): Metabolism of selenomethionine by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) embryos can generate oxidative stress. Ecotoxicology and Environmental Safety. 58. 17-21.
- 176.** PAYNE M.F., RIPPINGALE R.J., CLEARY J.J. (2001): Cultured copepods as food for West Australian dhufish (*Glaucosoma hebraicum*) and pink snapper (*Pagrus auratus*) larvae. Aquaculture 194. 137-150.
- 177.** PEARSON J.C. (1928): Natural history and conservation of the redbfish and other commercial sciaenids on the Texas coast. Bulletin of the United States Bureau of Fisheries. 4.129-214.
- 178.** PEDERSEN B.H., HJELMELAND K. (1988): Fate of trypsin and assimilation efficiency in larval herring (*Clupea harengus*) following digestion of copepods. Marine Biology. 97, 467-476.

- 179.** PENGLASE S., NORDGREEN A., MEEREN T. VAN DER, OLSVIK P.A., SÆLE Ø., SWEETMAN J.W., BAEVERFJORD G., HELLAND S., HAMRE K. (2010): Increasing the level of selenium in rotifers (*Brachionus plicatilis* 'Cayman') enhances the mRNA expression and activity of glutathione peroxidase in cod (*Gadus morhua* L.) larvae. *Aquaculture*. 306. 259-269.
- 180.** PERRET W.S., WEAVER J.E., WILLIAMS R.O., JOHANSEN P.L., MCILWAIN T.D., RAULENSON R.C., TATUM W.M. (1980): Fishery profiles of red drum and spotted sea trout. *Gulf States Marine Fisheries Commission*. 6. 60.
- 181.** PIECZYNSKA J., GRAJETA H. (2015): The role of selenium in human conception and pregnancy. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 29. 31-38.
- 182.** POLATAJKO A., JAKUBOWSKI N., SZPUNAR J. (2006): State of the art report of selenium speciation in biological samples. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*. 21. 639-654.
- 183.** POSTON H.A., COMBS G.F. (1979): Interrelationships between requirements for dietary selenium, vitamin E, and L-ascorbic acid by Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed a semipurified diet. *Fish Health News*. 8.4. VI-VII.
- 184.** POSTON H.A., COMBS G.F., LEIBOVITZ L. (1976): Vitamin E and selenium interrelations in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*): Gross, histological and biochemical deficiency signs. *Journal of Nutrition*. 106. 892-904.
- 185.** PROKISCH J. (2010): Szelén nanogömbök előállítása joghurt baktériumokkal. MTA Izotópkutató Intézet. 2010. május 13. előadás kivonat. 1.
- 186.** PROKISCH J., SZÉLES É., KOVÁCS B., DARÓCZY L., ZOMMARA M. (2008): Formation of metal selenium nanospheres in bacteria: is it a possible detoxification mechanism? *Cereal Research Communications*. 36. 947-952.
- 187.** PROKISCH J., SZTRIK A., BABKA B., ESZENYI P., PARDI J., MIKA ZS., ZOMMARA M. (2011): Novel Fermentation Technology for Production of Selenium Nanospheres (Lactomicrosel®) and its Testing for Feed and Food Applications. *International Conference on Selenium in the Environment and Human Health*. China-Singapore Suzhou Industrial Park, Suzhou, China (23-28 October 2011).

- 188.** PROKISCH J., ZOMMARA M. (2008): Vörös és szürke elemi szelén nanogömbök és technológia előállításukra (szabadalom). Magyar Szabadalmi Hivatal. 2008. NSZO: C12P-003/00.
- 189.** RAYMAN M.P. (2004): The use of high-selenium yeast to raise selenium status: how does it measure up? *British Journal of Nutrition*. 92. 557-573.
- 190.** RAYMAN M.P. (2012): Selenium and human health. *Lancet*. 379. 1256-1268.
- 191.** RAYMOND L.J., RALSTON N.V.C. (2009): Selenium's importance in regulatory issues regarding mercury. *Fuel Processing Technology*. 90.11. 1333-1338.
- 192.** RDMP. (2002): Georgia Department of Natural Resources, Red Drum Management Plan.
- 193.** REAGAN R.E. (1985): Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Gulf of Mexico) - red drum. United States Fish and Wildlife Service Biological Report, United States Army Corps of Engineers, TR EL. 82.4. 16.
- 194.** REEVE M.R. (1963): The filter-feeding of *Artemia* II. in suspensions of various particles. *Journal of Experimental Biology*. 40. 207-214.
- 195.** RIBEIRO A.R.A., RIBEIRO L., DINIS M.T., MOREN M. (2011): Protocol to enrich rotifers (*Brachionus plicatilis*) with iodine and selenium. *Aquaculture Research*. 42. 1737-1740.
- 196.** RIBEIRO A.R.A., RIBEIRO L., SÆLE Ø., DINIS M.T., MOREN M. (2012): Iodine and selenium supplementation increased survival and changed thyroid hormone status in Senegalese sole (*Solea senegalensis*) larvae reared in a recirculation system. *Fish Physiology and Biochemistry*. 38. 725-734.
- 197.** RIDER S.A., DAVIES S.J., JHA A.N., CLOUGH R., SWEETMAN J.W. (2010): Bioavailability of co-supplemented organic and inorganic zinc and selenium sources in a white fishmeal-based rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diet. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 94.1. 99-110.
- 198.** RIDER S.A., DAVIES S.J., JHA A.N., FISHER A.A., KNIGHT J., SWEETMAN J.W. (2009): Supra-nutritional dietary intake of selenite and selenium yeast in normal and stressed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): implications on selenium status and health responses. *Aquaculture*. 295.3-4. 282-291.

- 199.** ROOKER J. R., HOLT S. A., SOTO M. A., HOLT G. J. (1998): Postsettlement patterns of habitat use by sciaenid fishes in subtropical seagrass meadows. *Estuaries*. 21.318-327.
- 200.** ROOKER J.R., HOLT S.A. (1997): Utilization of subtropical seagrass meadows by newly settled red drum (*Sciaenops ocellatus*): patterns of distribution and growth. *Marine Ecology Progress Series*. 158. 139-149.
- 201.** ROTRUCK J.T., POPE A.L., GANTHER H.E., SWANSON A.B., HAFEMAN D.G., HOEKSTRA W.G. (1973): Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase. *Science*. 179. 585-590.
- 202.** ROUNSFELL G.A. (1975): Ecology, utilization and management of marine fishes. C.O. Mosby Co., St. Louis, Mo., 516.
- 203.** RUTLEDGE W.P., MATLOCK G.C. (1986): Mariculture and fisheries management—A future cooperative approach. In: Stroud R.H. (szerk.): Fish culture in fisheries management, Proceedings International Symposium On Use of Culture in Fisheries Management. American Fisheries Society, Bethesda, MD. 119-127.
- 204.** SAKAMOTO S., YONE Y. (1979): Requirement of red sea bream for dietary Mg. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 45. 57-60.
- 205.** SAKURAI, H., TSUCHIYA K. (1975): A tentative recommendation for maximum daily intake of selenium. *Environmental Physiology and Biochemistry*. 5. 107-118.
- 206.** SCHARF F.S., SCHLIGHT K.K. (2000): Feeding habits of red drum (*Sciaenops ocellatus*) in Galveston Bay, Texas: seasonal diet variation and predator-prey size relationships. *Estuaries*. 23. 128-139.
- 207.** SCHIPP G. (2006): The use of calanoid copepods in semi-intensive, tropical marine fish larviculture. Paper presented at: Avances en Nutrición Acuícola VIII 8th Int Symp Aquatic Nutrition. Univ. Autón, Nuevo León, Monterrey.
- 208.** SCHMIDT J. (2003): A takarmányozás alapjai. *Mezőgazda Kiadó*. 54-55.
- 209.** SCHRAM E., PEDRERO Z., CAMARA C., HEUL J.W., LUTEN J.B. (2008): Enrichment of African catfish with functional selenium originating from garlic. *Aquaculture Research*. 39. 850-860.

- 210.** SCHWARZ K., FOLTZ C.M. (1957): Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration. *Journal of the American Chemical Society.* 79.12., 3292-3293.
- 211.** SCOTT M.L., BIERI J.G., BRIGGS G.M., SCHWARZ K. (1957): Prevention of exudative diathesis by factor 3 in chicks on vitamin E deficient torula yeast diets. *Poultry Science.* 36.5. 1155-1156.
- 212.** SEDLAK J., LINDSAY R.H. (1968): Estimation of total, protein-bound, and nonprotein sulfhydryl groups in tissue with Ellman's reagent. *Analytical Biochemistry.* 25.1. 192-205.
- 213.** SERAFY J.E., AULT J.S., CAPO T.R., SCHULTZ D.R. (1999): Red drum, *Sciaenops ocellatus* L., stock enhancement in Biscayne Bay, FL, USA: assessment of releasing unmarked early juveniles. *Aquaculture Research.* 30.10. 737-750.
- 214.** SHEARER K. D. (1989): Whole body magnesium concentration as an indicator of magnesium status in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture* 77. 201-210.
- 215.** SHEARER K.D., ASGARD T. (1992): The effect of water-borne magnesium on the dietary magnesium requirement of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiology and Biochemistry.* 9. 387-392.
- 216.** SHIELDS R.J., BELL J.G., LUIZI F.S., GARA B., BROMAGE N.R., SARGENT J.R. (1999): Natural Copepods Are Superior to Enriched *Artemia* Nauplii as Feed for Halibut Larvae (*Hippoglossus hippoglossus*) in Terms of Survival, Pigmentation and Retinal Morphology: Relation to Dietary Essential Fatty Acids. *The Journal of Nutrition* 29. 1186-1194.
- 217.** SHIM K.F. NG S.H. (1988): Magnesium requirement of the guppy (*Poecilia reticulata* PETERS). *Aquaculture.* 73. 131-141.
- 218.** SIMMONS E.G., BREUER J.P. (1962): A study of redbfish, *Sciaenops ocellata* Linnaeus, and black drum, *Pogonias cromis* LINNAEUS. *Publications of the Institute of Marine Science University Texas.* 8. 184-211.
- 219.** SIMON L., BIRÓ B., SZÉLES É., BALÁZSY S. (2007): Szelén fitoextrakciója és mikrobacsoportok előfordulása szennyezett talajokban. *Agrokémia és Talajtan.* 56.1., 161-172.

- 220.** SIVERTSEN T., KARLSEN J.T., FROSLIE A. (1977): The relationship of erythrocyte glutathione peroxidase to blood selenium in swine. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 18. 494-500.
- 221.** SMITH R.M. (1987): *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*. Academic Press, New York. 480
- 222.** SOLETCHNIK P., THOUARD E., GOYARD E. (1990): Intensive larval rearing trials of red drum (*Sciaenops ocellata*) in Martinique (F.W. I.) advances in tropical aquaculture. *Aquacop Ifremer. Actes de Colloque*. 9. 661-675.
- 223.** SOLETCHNIK P.E., THOUARD E., GOYARD E., BAISNEE D. (1991): Intensive aquaculture techniques for raising larval redfish (*Sciaenops ocellatus*) in Martinique: Preliminary results. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 40. 367-381.
- 224.** SOLETCHNIK P.E., THOUARD E., GOYARD E., YVON C., BAKER P. (1988): First larval rearing trials of red drum *Sciaenops ocellatus* in Martinique (French West Indies). *Contributions in Marine Science*. 30 (Supplement). 125-130.
- 225.** SORENSEN E.B., CUMBIE P., BAUER T., BELL J., HARLAN C. (1984): Histopathological, hematological, condition-factor, and organ weight changes associated with selenium accumulation in fish from Belews Lake, North Carolina. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 13. 153-162.
- 226.** STUNZ G. W., MINELLO T. J. (2001): Habitat-related predation on juvenile wild-caught and hatchery-reared red drum *Sciaenops ocellatus* (Linnaeus). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 260. 13-25.
- 227.** STUNZ G. W., MINELLO T. J., LEVIN P. (1999): Recruitment patterns, growth, and predation of red drum (*Sciaenops ocellatus*) in various Galveston Bay habitats. *Gulf Research Reports*. 11. 77.
- 228.** SZABÓ S.A. (2013): Mikroelemek esszencialitása és az élelmiszervizsgálat. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*. 59.3. 95-105.
- 229.** SZABÓ S.A., GYŐRI D., REGIUSNÉ MŐCSÉNYI Á. (1993): Mikroelemek a mezőgazdaságban. II. Stimulatív hatású mikroelemek. *Akadémiai Kiadó, Bp.* 1-212.
- 230.** SZÉLES É., TÓTH Á., NAGY A., PROKISCH J., KOVÁCS B., GYŐRI Z. (2007): A szelén jelentősége az élővilágban és a kutatásban. *Agrártudományi Közlemények*. 26. (Különszám). 278-286.

- 231.** TABB D.C., MANNING R.B. (1961): A checklist of the flora and fauna of Northern Florida Bay and adjacent waters of the Florida mainland collected during the period July 1957 through September 1960. *Bulletin Marine Science Gulf and Caribbean* 11(4). 552-649.
- 232.** TASHJIAN D.H., TEH S.J., SOGOMONYAN A., HUNG S.S.O. (2006): Bioaccumulation and chronic toxicity of dietary l-selenomethionine in juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Aquatic Toxicology*. 79. 401-409.
- 233.** TEH S.J., DENG X., DENG D.F., TEH F.C., HUNG S.S., FAN T.W., LIU J., HIGASHI R.M. (2004): Chronic dietary selenium on juvenile Sacramento splittail *Pogonichthys macrolepidotus*. *Environmental Science and Technology*. 38. 6085-6093.
- 234.** TEH S.J., DENG X., TEH F.C., HUNG S.O. (2002): Selenium-induced teratogenicity in Sacramento splittail (*Pogonichthys macrolepidotus*). *Marine Environmental Research*. 54. 605-608.
- 235.** TERRY E.N., DIAMOND A.M. (2012): Selenium. In: Erdman J.W., Macdonald I.A., Zeisel S.H. (szerk.): *Present Knowledge in Nutrition*. 10. kiadás, Washington, DC, Wiley-Blackwell. 568-587.
- 236.** TERRY N., ZAYED A.M., DESOUZA M.P., TARUN A.S. (2000): Selenium in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 51. 401-432.
- 237.** THACKER S.G., GRIFFIN W., RAHMAN A., LAMBREGTS J. (1991): Modeling the financial risk of intensive redfish *Sciaenops ocellatus* aquaculture in Texas. *Journal of the World Aquaculture Society*. 22. 42-43.
- 238.** THORARINSSON R., LANDOLT M.L., ELLIOTT D.G., PASCHO R.J., HARDY R.W. (1994): Effect of dietary vitamin E and selenium on growth, survival and the prevalence of *Renibacterium salmoninarum* infection in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture*. 121. 343-358.
- 239.** VAUGHAN D.S. (1996): Status of the red drum stock of the Atlantic coast: stock assessment report for 1995. National Oceanic and Atmospheric Administration. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC-380, Beaufort, North Carolina.

- 240.** VEGA R.R., CHAVEZ C., STOLTE C.J., ABREGO D. (2003): Marine fish distribution report, 1991–1999. Management Data Series No. 212, Texas Parks and Wildlife Dept., Coastal Fisheries Div., Austin.
- 241.** VEGA R.R., NEILL W.H., GOLD J.R., RAY M.S. (2011): Enhancement of Texas sciaenids (red drum and spotted seatrout). In: Stickney R., Iwamoto R., Rust M: (szerk.): Interactions of Fisheries and Fishing Communities related to Aquaculture. Proceedings of the 38th U.S.-Japan Aquaculture Panel Symposium, Corpus Christi, Texas, October 26-27, 2009. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum NMFS-F/SPO-113., 85-92.
- 242.** VIDAL D., BAY S.M., SCHLENK D. (2005): Effects of dietary selenomethionine on larval rainbowtrout (*Oncorhynchus mykiss*). Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 49. 71-75.
- 243.** WAKEMAN J.M., RAMSEY P.R. (1985): A survey of population characteristic for red drum and spotted sea trout in Louisiana. Gulf Research Reports. 8.1. 1-8.
- 244.** WANG C., LOVELL R.T. (1997): Organic selenium sources, selenomethionine and selenoyeast, have higher bioavailability than an inorganic selenium source, sodium selenite, in diets for channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture. 152. 223-234.
- 245.** WANG C., LOVELL R.T., KLESIUS P.H. (1997): Response to *Edwardsiella ictaluri* challenge by channel catfish fed organic and inorganic sources of selenium. Journal of Aquatic Animal Health. 9. 172–179.
- 246.** WANG H., ZHANG J., YU H. (2007a): Elemental selenium at nano size possesses lower toxicity without compromising the fundamental effect on selenoenzymes: Comparison with selenomethionine in mice. Free Radical Biology & Medicine. 42. 1524-1533.
- 247.** WANG Y., HAN J., LI W., XU Z. (2007b): Effect of different selenium source on growth performances, glutathione peroxidase activities, muscle composition and selenium concentration of allogynogenetic crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). Animal Feed Science and Technology. 134. 243-251.
- 248.** WATANABE T., ARAKAWA T., KITAJIMA C., FUJITA S. (1978): Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish. 44. 985-988.

- 249.** WATANABE T., KIRON V., SATOH S. (1997): Trace minerals in fish nutrition. *Aquaculture*. 151. 1-4. 185–207.
- 250.** WATANABE T., KITAJIMA C., FUJITA S. (1983): Nutritional value of live organisms used in Japan for mass propagation of fish: A review. *Aquaculture*. 34. 115–143.
- 251.** WEEKLEY C.M., HARRIS H.H. (2013): Which form is that? The importance of selenium speciation and metabolism in the prevention and treatment of disease. *Chemical Society Reviews*. 42. 8870-8894.
- 252.** WENNER C. A. (1992): Red drum: natural history and fishing techniques in South Carolina. Educational Rep., Marine Resources Research Division, South Carolina Department of Natural Resources, Charleston, SC. 40.
- 253.** WHANGER P.D., WESWIG P.H., SCHMITZ J.A., OLDFIELD J.E. (1977): Effects of selenium and vitamin E on blood selenium levels, tissue glutathione peroxidase activities and white muscle disease in sheep fed purified or hay diets. *Journal of Nutrition*. 107. 1298-1307.
- 254.** WIN D.T. (2003): Selenium: Atomic Number 34, Mass Number 78.96. *AU Journal of Technology*. 7.1. 1-7.
- 255.** WROBEL J.K., POWER R., TOBOREK M. (2015): Biological activity of selenium: Revisited. *Biochemistry & Molecular Biology*. Article first published online: 30. Dec. 2015. DOI: 10.1002/iub.1466.
- 256.** WURTS W. A. (1987): An evaluation of specific ionic and growth parameters affecting the feasibility of commercially producing red drum (*Sciaenops ocellatus*). Doctoral dissertation. Texas A&M University, College Station, Texas, USA.
- 257.** WURTS W.A., STICKNEY R.R. (1989): Responses of red drum (*Sciaenops ocellatus*) to calcium and magnesium concentrations in fresh and salt water. *Aquaculture*. 76. 21-35.
- 258.** WURTS W.A., STICKNEY R.R. (1993): Growth rates of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*) reared on commercial salmon feed in fresh and salt water. *Journal of the World Aquaculture Society*. 24.3. 422-424.
- 259.** YOKEL B.J. (1966): Contributions on the biology and distribution of red drum, *Sciaenops ocellata*. Master's Thesis, University of Miami, 160.

- 260.** ZEITOUN I.H., ULLREY D.E., MAGEE W.T. (1976): Quantifying nutrient requirements of fish. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 33. 167-172.
- 261.** ZHANG J., WANG H., YAN X., ZHANG L. (2005): Comparison of short-term toxicity between Nano-Se and selenite in mice. *Life Sci*. 76.10. 1099-109.
- 262.** ZHANG J.S., GAO X.Y., ZHANG L.D., BAO Y.P. (2001): Biological effects of a nano red elemental selenium. *Biofactors*. 15. 27-38.
- 263.** ZHOU X., WANG Y., GU Q., LI W. (2009): Effects of different dietary selenium sources (selenium nanoparticle and selenomethionine) on growth performance, muscle composition and glutathione peroxidase enzyme activity of crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). *Aquaculture*. 291. 1. 78-81.
- 264.** ZSÉDELYI E. (2008): Állati eredetű élelmiszerek n-3 zsírsavtartalmának növelése, oxidációs stabilitásának javítása takarmányozással. Doktori (PhD) értekezés. Mosonmagyaróvár, 2008. 1-208.
- 265.** Internet 1.: [www. aquamaps.org](http://www.aquamaps.org)
- 266.** Internet 2: <https://thefishsite.com/articles/cultured-aquatic-species-red-drum>
- 267.** Internet 3.: <https://www.britannica.com/science/osmoregulation>
- 268.** Internet 4.: <http://bayerfarm.hu/static/uploads/2012/04/13.pdf> (2016.01.20.).
- 269.** Internet 5.: http://www.agr.unideb.hu/ebook/allatelettan/a_szabad_zsrsavak_ffa_mobilizcija.html (2016.01.12.).

12 ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. **ábra:** A vörös árnyékhal akvakultúrás termelése (forrás: FAO FishStat, 2016)
2. **ábra:** A vörös árnyékhal ivadéknevelésének folyamatábrája (forrás: FAO Fisheries and Aquaculture – Cultured Species)
3. **ábra:** A kísérleti beállítás
4. **ábra:** A vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus*) lárvák megmaradása (%)
5. **ábra:** Gsh-px enzimaktivitás
6. **ábra:** A vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus*) lárvák szelén-akkumulációja
7. **ábra:** Az *Artemiában* és a vörös árnyékhal lárvákban felhalmozott szelén mennyisége közötti összefüggésvizsgálat
8. **ábra:** A lárvák szelén-optimumának meghatározása
9. **ábra:** A nanoszelén kiegészítés hatása a vörös árnyékhal biomasszájára
10. **ábra:** A kezelések hatására bekövetkező szelén akkumuláció a vörös árnyékhal különböző szerveiben
11. **ábra:** Az ivadék összes szabad zsírsav-tartalma, illetve a szabad zsírsavban található $\omega 3$ - és $\omega 6$ zsírsavak mennyisége
12. **ábra:** Az ivadék számára optimális szelén-dózis meghatározása
13. **ábra:** A Mg kezelések hatása a vörös árnyékhalak kondíciójára
14. **ábra:** A Mg kezelések hatása a vörös árnyékhalak specifikus növekedési ütemére
15. **ábra:** A Mg kezelések hatása a vörös árnyékhalak takarmányértékesítésére
16. **ábra:** A vörös árnyékhal ivadék megmaradása a kísérlet végén
17. **ábra:** A Mg kezelések hatása a vörös árnyékhalak testtömeggyarapodására

13 TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat: A takarmány összetevői
2. táblázat: A takarmány beltartalmi paraméterei
3. táblázat: A kezelések hatása az *Artemia* sp. Se akkumulációjára a 24 órás dúsítási periódus végén
4. táblázat: A vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus*) lárvák specifikus növekedési üteme
5. táblázat: A nanoszelénnel dúsított élőeleség hatása a vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus*) lárvák növekedésére és kondíció faktorára
6. táblázat: A vörös árnyékhal-lárvák mennyiségi mutatói közötti összefüggések vizsgálata Pearson-féle korrelációval
7. táblázat: Az ivadék átlagtömegének változása a 8 hetes kísérlet során (g)
8. táblázat: Növekedési és takarmányértékesítési mutatók, illetve a megmaradás vizsgálata
9. táblázat: Az ivadék termelési paraméterei és az egyes szervekben akkumulált szelén közötti összefüggések vizsgálata Pearson-féle korrelációval
10. táblázat: Az ivadék átlagtömegének változása a magnéziummal kiegészített takarmány etetési kísérlet során (g)
11. táblázat: A vizsgált halak kalcium és magnézium tartalma (mg/kg)

14 MELLÉKLETEK

1. sz. melléklet

Az *Artemia* minták Se koncentrációjának vizsgálata egytényezős varianciaanalízissel

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,091	5	12	,137

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1504357053724881,000	5	300871410744976,200	97916,199	,000
Within Groups	36872927611,834	12	3072743967,653		
Total	1504393926652493,000	17			

Multiple Comparisons Tukey HSD

(I) kezelés	(J) kezelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-668252,66667(*)	45260,31350	,000	-820278,4782	-516226,8551
	3	-3785792,00000(*)	45260,31350	,000	-3937817,8115	-3633766,1885
	4	-6337899,66667(*)	45260,31350	,000	-6489925,4782	-6185873,8551
	5	-26912571,00000(*)	45260,31350	,000	-27064596,8115	-26760545,1885
	6	-4738572,50000(*)	45260,31350	,000	-4890598,3115	-4586546,6885
2	1	668252,66667(*)	45260,31350	,000	516226,8551	820278,4782
	3	-3117539,33333(*)	45260,31350	,000	-3269565,1449	-2965513,5218
	4	-5669647,00000(*)	45260,31350	,000	-5821672,8115	-5517621,1885
	5	-26244318,33334(*)	45260,31350	,000	-26396344,1449	-26092292,5218
	6	-4070319,83333(*)	45260,31350	,000	-4222345,6449	-3918294,0218
3	1	3785792,00000(*)	45260,31350	,000	3633766,1885	3937817,8115
	2	3117539,33333(*)	45260,31350	,000	2965513,5218	3269565,1449
	4	-2552107,66667(*)	45260,31350	,000	-2704133,4782	-2400081,8551
	5	-23126779,00000(*)	45260,31350	,000	-23278804,8115	-22974753,1885
	6	-952780,50000(*)	45260,31350	,000	-1104806,3115	-800754,6885
4	1	6337899,66667(*)	45260,31350	,000	6185873,8551	6489925,4782
	2	5669647,00000(*)	45260,31350	,000	5517621,1885	5821672,8115
	3	2552107,66667(*)	45260,31350	,000	2400081,8551	2704133,4782
	5	-20574671,33334(*)	45260,31350	,000	-20726697,1449	-20422645,5218
	6	1599327,16667(*)	45260,31350	,000	1447301,3551	1751352,9782
5	1	26912571,00000(*)	45260,31350	,000	26760545,1885	27064596,8115
	2	26244318,33334(*)	45260,31350	,000	26092292,5218	26396344,1449
	3	23126779,00000(*)	45260,31350	,000	22974753,1885	23278804,8115
	4	20574671,33334(*)	45260,31350	,000	20422645,5218	20726697,1449
	6	22173998,50000(*)	45260,31350	,000	22021972,6885	22326024,3115
6	1	4738572,50000(*)	45260,31350	,000	4586546,6885	4890598,3115
	2	4070319,83333(*)	45260,31350	,000	3918294,0218	4222345,6449
	3	952780,50000(*)	45260,31350	,000	800754,6885	1104806,3115
	4	-1599327,16667(*)	45260,31350	,000	-1751352,9782	-1447301,3551
	5	-22173998,50000(*)	45260,31350	,000	-22326024,3115	-22021972,6885

* The mean difference is significant at the .05 level.

2. sz. melléklet

A vörös árnyékhal lárvák termelési paramétereinek vizsgálata egytényezős varianciaanalízissel

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
tömeg	2,737	4	10	,090
hossz	2,615	4	10	,099
K	1,231	4	10	,358

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
tömeg	Between Groups	,011	4	,003	8,530	,003
	Within Groups	,003	10	,000		
	Total	,014	14			
hossz	Between Groups	27,394	4	6,849	6,416	,008
	Within Groups	10,675	10	1,067		
	Total	38,069	14			
K	Between Groups	,427	4	,107	2,449	,114
	Within Groups	,435	10	,044		
	Total	,862	14			

Multiple Comparisons

Dependent Variable		(I) kezelés	(J) kezelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
tömeg	Tukey HSD	1	2	-,021667	,014688	,599	-,07001	,02667
			3	-,045333	,014688	,069	-,09367	,00301
			4	-,011333	,014688	,933	-,05967	,03701
			5	,037000	,014688	,162	-,01134	,08534
			2	,021667	,014688	,599	-,02667	,07001
		2	3	-,023667	,014688	,523	-,07201	,02467
			4	,010333	,014688	,951	-,03801	,05867
			5	,058667(*)	,014688	,017	,01033	,10701
			1	,045333	,014688	,069	-,00301	,09367
			2	,023667	,014688	,523	-,02467	,07201
		3	4	,034000	,014688	,217	-,01434	,08234
			5	,082333(*)	,014688	,002	,03399	,13067
			1	,011333	,014688	,933	-,03701	,05967
			2	-,010333	,014688	,951	-,05867	,03801
			3	-,034000	,014688	,217	-,08234	,01434
		4	5	,048333	,014688	,050	-,00001	,09667
			1	-,037000	,014688	,162	-,08534	,01134
			2	-,058667(*)	,014688	,017	-,10701	-,01033
			3	-,082333(*)	,014688	,002	-,13067	-,03399
			4	-,048333	,014688	,050	-,09667	,00001
hossz	Tukey HSD	1	2	-,547333	,843597	,963	-3,32368	2,22901
			3	-2,138333	,843597	,158	-4,91468	,63801

			4	-,252667	,843597	,998	-3,02901	2,52368
			5	2,083667	,843597	,174	-,69268	4,86001
		2	1	,547333	,843597	,963	-2,22901	3,32368
			3	-1,591000	,843597	,382	-4,36735	1,18535
			4	,294667	,843597	,996	-2,48168	3,07101
			5	2,631000	,843597	,065	-,14535	5,40735
		3	1	2,138333	,843597	,158	-,63801	4,91468
			2	1,591000	,843597	,382	-1,18535	4,36735
			4	1,885667	,843597	,242	-,89068	4,66201
			5	4,222000(*)	,843597	,004	1,44565	6,99835
		4	1	,252667	,843597	,998	-2,52368	3,02901
			2	-,294667	,843597	,996	-3,07101	2,48168
			3	-1,885667	,843597	,242	-4,66201	,89068
			5	2,336333	,843597	,111	-,44001	5,11268
		5	1	-2,083667	,843597	,174	-4,86001	,69268
			2	-2,631000	,843597	,065	-5,40735	,14535
			3	-4,222000(*)	,843597	,004	-6,99835	-1,44565
			4	-2,336333	,843597	,111	-5,11268	,44001
K-faktor	Tukey HSD	1	2	-,277333	,170391	,514	-,83810	,28344
			3	-,040667	,170391	,999	-,60144	,52010
			4	-,089333	,170391	,983	-,65010	,47144
			5	,246667	,170391	,614	-,31410	,80744
		2	1	,277333	,170391	,514	-,28344	,83810
			3	,236667	,170391	,647	-,32410	,79744
			4	,188000	,170391	,801	-,37277	,74877
			5	,524000	,170391	,070	-,03677	1,08477
		3	1	,040667	,170391	,999	-,52010	,60144
			2	-,236667	,170391	,647	-,79744	,32410
			4	-,048667	,170391	,998	-,60944	,51210
			5	,287333	,170391	,482	-,27344	,84810
		4	1	,089333	,170391	,983	-,47144	,65010
			2	-,188000	,170391	,801	-,74877	,37277
			3	,048667	,170391	,998	-,51210	,60944
			5	,336000	,170391	,344	-,22477	,89677
		5	1	-,246667	,170391	,614	-,80744	,31410
			2	-,524000	,170391	,070	-1,08477	,03677
			3	-,287333	,170391	,482	-,84810	,27344
			4	-,336000	,170391	,344	-,89677	,22477

* The mean difference is significant at the .05 level.

3. sz. melléklet

A vörös árnyékhal lárvák megmaradásának vizsgálata egytényezős varianciaanalízissel

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,029	4	10	,438

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	384,400	4	96,100	5,743	,012
Within Groups	167,333	10	16,733		
Total	551,733	14			

Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) kezelés	(J) kezelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1	2	-7,667	3,340	,223	-18,66	3,33
		3	-9,667	3,340	,092	-20,66	1,33
		4	-12,000(*)	3,340	,031	-22,99	-1,01
		5	,333	3,340	1,000	-10,66	11,33
		2	7,667	3,340	,223	-3,33	18,66
	2	3	-2,000	3,340	,972	-12,99	8,99
		4	-4,333	3,340	,699	-15,33	6,66
		5	8,000	3,340	,194	-2,99	18,99
		1	9,667	3,340	,092	-1,33	20,66
		2	2,000	3,340	,972	-8,99	12,99
	3	4	-2,333	3,340	,952	-13,33	8,66
		5	10,000	3,340	,079	-,99	20,99
		1	12,000(*)	3,340	,031	1,01	22,99
		2	4,333	3,340	,699	-6,66	15,33
		3	2,333	3,340	,952	-8,66	13,33
	4	5	12,333(*)	3,340	,027	1,34	23,33
		1	-,333	3,340	1,000	-11,33	10,66
		2	-8,000	3,340	,194	-18,99	2,99
		3	-10,000	3,340	,079	-20,99	,99
		4	-12,333(*)	3,340	,027	-23,33	-1,34

* The mean difference is significant at the .05 level.

4. sz. melléklet

A vörös árnyékhal lárvák SGR-ének vizsgálata egytényezős varianciaanalízissel

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,067	4	10	,160

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	131,458	4	32,864	18,157	,000
Within Groups	18,100	10	1,810		
Total	149,558	14			

Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) kezelés	(J) kezelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	1,00	2,00	-2,06153	1,09848	,387	-5,6767	1,5537	
		3,00	-4,30242(*)	1,09848	,019	-7,9176	-,6872	
		4,00	-2,11711	1,09848	,363	-5,7323	1,4981	
		5,00	4,45226(*)	1,09848	,015	,8371	8,0675	
		2,00	1,00	2,06153	1,09848	,387	-1,5537	5,6767
	2,00	3,00	-2,24089	1,09848	,315	-5,8561	1,3743	
		4,00	-,05558	1,09848	1,000	-3,6708	3,5596	
		5,00	6,51379(*)	1,09848	,001	2,8986	10,1290	
		3,00	1,00	4,30242(*)	1,09848	,019	,6872	7,9176
		2,00	2,24089	1,09848	,315	-1,3743	5,8561	
	3,00	4,00	2,18531	1,09848	,336	-1,4299	5,8005	
		5,00	8,75468(*)	1,09848	,000	5,1395	12,3699	
		4,00	1,00	2,11711	1,09848	,363	-1,4981	5,7323
		2,00	,05558	1,09848	1,000	-3,5596	3,6708	
		3,00	-2,18531	1,09848	,336	-5,8005	1,4299	
	4,00	5,00	6,56937(*)	1,09848	,001	2,9542	10,1846	
		5,00	1,00	-4,45226(*)	1,09848	,015	-8,0675	-,8371
		2,00	-6,51379(*)	1,09848	,001	-10,1290	-2,8986	
		3,00	-8,75468(*)	1,09848	,000	-12,3699	-5,1395	
		4,00	-6,56937(*)	1,09848	,001	-10,1846	-2,9542	

* The mean difference is significant at the .05 level.

5. sz. melléklet

A vörös árnyékhal lárvák Gsh-px enzimaktivitásának vizsgálata egytényezős varianciaanalízissel

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,575	4	10	,255

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	207,251	4	51,813	3,319	,056
Within Groups	156,120	10	15,612		
Total	363,370	14			

Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) kezelés	(J) kezelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1,00	2,00	4,76333	3,22614	,598	-5,8542	15,3808
		3,00	3,57667	3,22614	,799	-7,0408	14,1942
		4,00	2,21667	3,22614	,955	-8,4008	12,8342
		5,00	11,04667(*)	3,22614	,041	,4292	21,6642
	2,00	1,00	-4,76333	3,22614	,598	-15,3808	5,8542
		3,00	-1,18667	3,22614	,995	-11,8042	9,4308
		4,00	-2,54667	3,22614	,928	-13,1642	8,0708
		5,00	6,28333	3,22614	,354	-4,3342	16,9008
	3,00	1,00	-3,57667	3,22614	,799	-14,1942	7,0408
		2,00	1,18667	3,22614	,995	-9,4308	11,8042
		4,00	-1,36000	3,22614	,992	-11,9775	9,2575
		5,00	7,47000	3,22614	,217	-3,1475	18,0875
	4,00	1,00	-2,21667	3,22614	,955	-12,8342	8,4008
		2,00	2,54667	3,22614	,928	-8,0708	13,1642
		3,00	1,36000	3,22614	,992	-9,2575	11,9775
		5,00	8,83000	3,22614	,117	-1,7875	19,4475
	5,00	1,00	-11,04667(*)	3,22614	,041	-21,6642	-,4292
		2,00	-6,28333	3,22614	,354	-16,9008	4,3342
		3,00	-7,47000	3,22614	,217	-18,0875	3,1475
		4,00	-8,83000	3,22614	,117	-19,4475	1,7875

* The mean difference is significant at the .05 level.

6. sz. melléklet

A vörös árnyékhal lárvák szelén akkumulációjának (ppm) vizsgálata egytényezős varianciaanalízissel

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,416	4	10	,298

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2649,421	4	662,355	655,106	,000
Within Groups	10,111	10	1,011		
Total	2659,531	14			

Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) kezelés	(J) kezelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1	2	-12,48161(*)	,82100	,000	-15,1836	-9,7796
		3	-23,37181(*)	,82100	,000	-26,0738	-20,6698
		4	-31,32334(*)	,82100	,000	-34,0253	-28,6214
		5	-37,04683(*)	,82100	,000	-39,7488	-34,3449
	2	1	12,48161(*)	,82100	,000	9,7796	15,1836
		3	-10,89020(*)	,82100	,000	-13,5922	-8,1882
		4	-18,84174(*)	,82100	,000	-21,5437	-16,1398
		5	-24,56523(*)	,82100	,000	-27,2672	-21,8632
	3	1	23,37181(*)	,82100	,000	20,6698	26,0738
		2	10,89020(*)	,82100	,000	8,1882	13,5922
		4	-7,95154(*)	,82100	,000	-10,6535	-5,2496
		5	-13,67503(*)	,82100	,000	-16,3770	-10,9730
	4	1	31,32334(*)	,82100	,000	28,6214	34,0253
		2	18,84174(*)	,82100	,000	16,1398	21,5437
		3	7,95154(*)	,82100	,000	5,2496	10,6535
		5	-5,72349(*)	,82100	,000	-8,4255	-3,0215
5	1	37,04683(*)	,82100	,000	34,3449	39,7488	
	2	24,56523(*)	,82100	,000	21,8632	27,2672	
	3	13,67503(*)	,82100	,000	10,9730	16,3770	
	4	5,72349(*)	,82100	,000	3,0215	8,4255	

* The mean difference is significant at the .05 level.

7. sz. melléklet

A vörös árnyékhal ivadék kihelyezéskori tömegének vizsgálata egytényezős varianciaanalízissel

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,082	11	348	,374

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,610	11	,055	,092	1,000
Within Groups	209,927	348	,603		
Total	210,537	359			

Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) kádak	(J) kádak	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1,00	2,00	-,01667	,20054	1,000	-,6765	,6432
		3,00	-,04667	,20054	1,000	-,7065	,6132
		4,00	-,02667	,20054	1,000	-,6865	,6332
		5,00	,00000	,20054	1,000	-,6599	,6599
		6,00	-,00667	,20054	1,000	-,6665	,6532
		7,00	,08667	,20054	1,000	-,5732	,7465
		8,00	,00000	,20054	1,000	-,6599	,6599
		9,00	,01000	,20054	1,000	-,6499	,6699
		10,00	,08333	,20054	1,000	-,5765	,7432
		11,00	-,04667	,20054	1,000	-,7065	,6132
		12,00	,02667	,20054	1,000	-,6332	,6865
			2,00	1,00	,01667	,20054	1,000
3,00	-,03000			,20054	1,000	-,6899	,6299
4,00	-,01000			,20054	1,000	-,6699	,6499
5,00	,01667			,20054	1,000	-,6432	,6765
6,00	,01000			,20054	1,000	-,6499	,6699
7,00	,10333			,20054	1,000	-,5565	,7632
8,00	,01667			,20054	1,000	-,6432	,6765
9,00	,02667			,20054	1,000	-,6332	,6865
10,00	,10000			,20054	1,000	-,5599	,7599
11,00	-,03000			,20054	1,000	-,6899	,6299
12,00	,04333			,20054	1,000	-,6165	,7032
	3,00			1,00	,04667	,20054	1,000
		2,00	,03000	,20054	1,000	-,6299	,6899
		4,00	,02000	,20054	1,000	-,6399	,6799
		5,00	,04667	,20054	1,000	-,6132	,7065
		6,00	,04000	,20054	1,000	-,6199	,6999
		7,00	,13333	,20054	1,000	-,5265	,7932
		8,00	,04667	,20054	1,000	-,6132	,7065
		9,00	,05667	,20054	1,000	-,6032	,7165

		10,00	,13000	,20054	1,000	-,5299	,7899
		11,00	,00000	,20054	1,000	-,6599	,6599
		12,00	,07333	,20054	1,000	-,5865	,7332
	4,00	1,00	,02667	,20054	1,000	-,6332	,6865
		2,00	,01000	,20054	1,000	-,6499	,6699
		3,00	-,02000	,20054	1,000	-,6799	,6399
		5,00	,02667	,20054	1,000	-,6332	,6865
		6,00	,02000	,20054	1,000	-,6399	,6799
		7,00	,11333	,20054	1,000	-,5465	,7732
		8,00	,02667	,20054	1,000	-,6332	,6865
		9,00	,03667	,20054	1,000	-,6232	,6965
		10,00	,11000	,20054	1,000	-,5499	,7699
		11,00	-,02000	,20054	1,000	-,6799	,6399
		12,00	,05333	,20054	1,000	-,6065	,7132
	5,00	1,00	,00000	,20054	1,000	-,6599	,6599
		2,00	-,01667	,20054	1,000	-,6765	,6432
		3,00	-,04667	,20054	1,000	-,7065	,6132
		4,00	-,02667	,20054	1,000	-,6865	,6332
		6,00	-,00667	,20054	1,000	-,6665	,6532
		7,00	,08667	,20054	1,000	-,5732	,7465
		8,00	,00000	,20054	1,000	-,6599	,6599
		9,00	,01000	,20054	1,000	-,6499	,6699
		10,00	,08333	,20054	1,000	-,5765	,7432
		11,00	-,04667	,20054	1,000	-,7065	,6132
		12,00	,02667	,20054	1,000	-,6332	,6865
	6,00	1,00	,00667	,20054	1,000	-,6532	,6665
		2,00	-,01000	,20054	1,000	-,6699	,6499
		3,00	-,04000	,20054	1,000	-,6999	,6199
		4,00	-,02000	,20054	1,000	-,6799	,6399
		5,00	,00667	,20054	1,000	-,6532	,6665
		7,00	,09333	,20054	1,000	-,5665	,7532
		8,00	,00667	,20054	1,000	-,6532	,6665
		9,00	,01667	,20054	1,000	-,6432	,6765
		10,00	,09000	,20054	1,000	-,5699	,7499
		11,00	-,04000	,20054	1,000	-,6999	,6199
		12,00	,03333	,20054	1,000	-,6265	,6932
	7,00	1,00	-,08667	,20054	1,000	-,7465	,5732
		2,00	-,10333	,20054	1,000	-,7632	,5565
		3,00	-,13333	,20054	1,000	-,7932	,5265
		4,00	-,11333	,20054	1,000	-,7732	,5465
		5,00	-,08667	,20054	1,000	-,7465	,5732
		6,00	-,09333	,20054	1,000	-,7532	,5665
		8,00	-,08667	,20054	1,000	-,7465	,5732
		9,00	-,07667	,20054	1,000	-,7365	,5832
		10,00	-,00333	,20054	1,000	-,6632	,6565
		11,00	-,13333	,20054	1,000	-,7932	,5265
		12,00	-,06000	,20054	1,000	-,7199	,5999
	8,00	1,00	,00000	,20054	1,000	-,6599	,6599
		2,00	-,01667	,20054	1,000	-,6765	,6432
		3,00	-,04667	,20054	1,000	-,7065	,6132

		4,00	-,02667	,20054	1,000	-,6865	,6332
		5,00	,00000	,20054	1,000	-,6599	,6599
		6,00	-,00667	,20054	1,000	-,6665	,6532
		7,00	,08667	,20054	1,000	-,5732	,7465
		9,00	,01000	,20054	1,000	-,6499	,6699
		10,00	,08333	,20054	1,000	-,5765	,7432
		11,00	-,04667	,20054	1,000	-,7065	,6132
		12,00	,02667	,20054	1,000	-,6332	,6865
	9,00	1,00	-,01000	,20054	1,000	-,6699	,6499
		2,00	-,02667	,20054	1,000	-,6865	,6332
		3,00	-,05667	,20054	1,000	-,7165	,6032
		4,00	-,03667	,20054	1,000	-,6965	,6232
		5,00	-,01000	,20054	1,000	-,6699	,6499
		6,00	-,01667	,20054	1,000	-,6765	,6432
		7,00	,07667	,20054	1,000	-,5832	,7365
		8,00	-,01000	,20054	1,000	-,6699	,6499
		10,00	,07333	,20054	1,000	-,5865	,7332
		11,00	-,05667	,20054	1,000	-,7165	,6032
		12,00	,01667	,20054	1,000	-,6432	,6765
	10,00	1,00	-,08333	,20054	1,000	-,7432	,5765
		2,00	-,10000	,20054	1,000	-,7599	,5599
		3,00	-,13000	,20054	1,000	-,7899	,5299
		4,00	-,11000	,20054	1,000	-,7699	,5499
		5,00	-,08333	,20054	1,000	-,7432	,5765
		6,00	-,09000	,20054	1,000	-,7499	,5699
		7,00	,00333	,20054	1,000	-,6565	,6632
		8,00	-,08333	,20054	1,000	-,7432	,5765
		9,00	-,07333	,20054	1,000	-,7332	,5865
		11,00	-,13000	,20054	1,000	-,7899	,5299
		12,00	-,05667	,20054	1,000	-,7165	,6032
	11,00	1,00	,04667	,20054	1,000	-,6132	,7065
		2,00	,03000	,20054	1,000	-,6299	,6899
		3,00	,00000	,20054	1,000	-,6599	,6599
		4,00	,02000	,20054	1,000	-,6399	,6799
		5,00	,04667	,20054	1,000	-,6132	,7065
		6,00	,04000	,20054	1,000	-,6199	,6999
		7,00	,13333	,20054	1,000	-,5265	,7932
		8,00	,04667	,20054	1,000	-,6132	,7065
		9,00	,05667	,20054	1,000	-,6032	,7165
		10,00	,13000	,20054	1,000	-,5299	,7899
		12,00	,07333	,20054	1,000	-,5865	,7332
	12,00	1,00	-,02667	,20054	1,000	-,6865	,6332
		2,00	-,04333	,20054	1,000	-,7032	,6165
		3,00	-,07333	,20054	1,000	-,7332	,5865
		4,00	-,05333	,20054	1,000	-,7132	,6065
		5,00	-,02667	,20054	1,000	-,6865	,6332
		6,00	-,03333	,20054	1,000	-,6932	,6265
		7,00	,06000	,20054	1,000	-,5999	,7199
		8,00	-,02667	,20054	1,000	-,6865	,6332
		9,00	-,01667	,20054	1,000	-,6765	,6432

		10,00	,05667	,20054	1,000	-,6032	,7165
		11,00	-,07333	,20054	1,000	-,7332	,5865

8. sz. melléklet

A vörös árnyékhal ivadék hetenkénti tömegének vizsgálata egytényezős varianciaanalízissel

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
első hét	1,088	5	12	,415
második hét	1,218	5	12	,359
harmadik hét	1,078	5	12	,420
negyedik hét	1,884	5	12	,171
ötödik hét	2,385	5	12	,101
hatodik hét	2,341	5	12	,106
hetedik hét	1,250	5	12	,346
nyolcadik hét	1,088	5	12	,415

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
első hét	Between Groups	1,795	5	,359	16,125	,000
	Within Groups	,267	12	,022		
	Total	2,062	17			
második hét	Between Groups	3,008	5	,602	16,798	,000
	Within Groups	,430	12	,036		
	Total	3,437	17			
harmadik hét	Between Groups	6,260	5	1,252	12,538	,000
	Within Groups	1,198	12	,100		
	Total	7,458	17			
negyedik hét	Between Groups	4,864	5	,973	3,993	,023
	Within Groups	2,924	12	,244		
	Total	7,788	17			
ötödik hét	Between Groups	10,013	5	2,003	3,584	,033
	Within Groups	6,706	12	,559		
	Total	16,719	17			
hatodik hét	Between Groups	13,867	5	2,773	3,277	,043
	Within Groups	10,156	12	,846		
	Total	24,023	17			
hetedik hét	Between Groups	25,611	5	5,122	4,781	,012
	Within Groups	12,855	12	1,071		
	Total	38,467	17			
nyolcadik hét	Between Groups	25,083	5	5,017	2,916	,060
	Within Groups	20,642	12	1,720		
	Total	45,725	17			

9. sz. melléklet

A vörös árnyékhal ivadék termelési paramétereinek vizsgálata egytényezős varianciaanalízissel

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
testtömeg gyarapodás	1,013	5	12	,451
biomassza	2,339	5	12	,106
megmaradás	1,241	5	12	,350
FCR	1,499	5	12	,262
SGR	,732	5	12	,613
WG	,600	5	12	,701
máj Se tart.	2,265	5	12	,114
szem Se tart.	,998	5	12	,459
filé Se tart.	1,458	5	12	,274
összes zsírsav menny.e	1,770	5	12	,194
omega három zsírsav menny.e	1,858	5	12	,176
omega hat zsírsav menny.e	1,408	5	12	,290

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
testtömeg gyarapodás	Between Groups	24,999	5	5,000	2,929	,059
	Within Groups	20,487	12	1,707		
	Total	45,486	17			
biomassza	Between Groups	67145,620	5	13429,124	9,854	,001
	Within Groups	16353,220	12	1362,768		
	Total	83498,840	17			
megmaradás	Between Groups	445,833	5	89,167	17,496	,000
	Within Groups	61,156	12	5,096		
	Total	506,989	17			
FCR	Between Groups	,036	5	,007	5,918	,006
	Within Groups	,015	12	,001		
	Total	,051	17			
SGR	Between Groups	,142	5	,028	3,183	,047
	Within Groups	,107	12	,009		
	Total	,250	17			
WG	Between Groups	21102,913	5	4220,583	3,017	,054
	Within Groups	16785,241	12	1398,770		
	Total	37888,154	17			
máj Se tart.	Between Groups	263811784,417	5	52762356,883	138,274	,000
	Within Groups	4578930,677	12	381577,556		
	Total	268390715,094	17			
szem Se tart.	Between Groups	70363438,724	5	14072687,745	179,743	,000
	Within Groups	939520,475	12	78293,373		
	Total	71302959,200	17			
filé Se tart.	Between Groups	7292538,817	5	1458507,763	22,849	,000
	Within Groups	765978,241	12	63831,520		
	Total	8058517,058	17			

összes zsírsav menny.e	Between Groups	99047,628	5	19809,526	17,948	,000
	Within Groups	13244,695	12	1103,725		
	Total	112292,323	17			
omega három zsírsav menny.e	Between Groups	65642,337	5	13128,467	22,843	,000
	Within Groups	6896,721	12	574,727		
	Total	72539,058	17			
omega hat zsírsav menny.e	Between Groups	750,397	5	150,079	3,510	,035
	Within Groups	513,040	12	42,753		
	Total	1263,437	17			

Multiple Comparisons

Dependent Variable Tukey HSD	(I) kezelés	(J) kezelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
testtömeg gyarapodás	1,00	2,00	,77000	1,06684	,975	-2,8134	4,3534
		3,00	,48667	1,06684	,997	-3,0968	4,0701
		4,00	1,05667	1,06684	,912	-2,5268	4,6401
		5,00	1,43000	1,06684	,759	-2,1534	5,0134
		6,00	3,67667(*)	1,06684	,043	,0932	7,2601
		2,00	1,00	-,77000	1,06684	,975	-4,3534
	3,00	1,00	-,48667	1,06684	,997	-4,0701	3,0968
		2,00	,28333	1,06684	1,000	-3,3001	3,8668
		4,00	,57000	1,06684	,994	-3,0134	4,1534
		5,00	,94333	1,06684	,943	-2,6401	4,5268
		6,00	3,19000	1,06684	,092	-,3934	6,7734
		4,00	1,00	-1,05667	1,06684	,912	-4,6401
	5,00	1,00	-,28667	1,06684	1,000	-3,8701	3,2968
		2,00	-,57000	1,06684	,994	-4,1534	3,0134
		3,00	,37333	1,06684	,999	-3,2101	3,9568
		4,00	2,62000	1,06684	,212	-,9634	6,2034
		6,00	2,24667	1,06684	,346	-1,3368	5,8301
		2,00	1,00	-1,43000	1,06684	,759	-5,0134
	6,00	1,00	-,66000	1,06684	,987	-4,2434	2,9234
		2,00	-,94333	1,06684	,943	-4,5268	2,6401
		3,00	-,37333	1,06684	,999	-3,9568	3,2101
		4,00	2,24667	1,06684	,346	-1,3368	5,8301
		5,00	-2,24667	1,06684	,346	-5,8301	1,3368
		3,00	1,00	-3,67667(*)	1,06684	,043	-7,2601
biomassza	1,00	2,00	-45,40000	30,14154	,667	-146,6430	55,8430
		3,00	-38,40000	30,14154	,793	-139,6430	62,8430
		4,00	-33,95000	30,14154	,861	-135,1930	67,2930
		5,00	-9,45000	30,14154	,999	-110,6930	91,7930
		6,00	132,70000(*)	30,14154	,009	31,4570	233,9430
		2,00	1,00	45,40000	30,14154	,667	-55,8430
	2,00	3,00	7,00000	30,14154	1,000	-94,2430	108,2430

		4,00	11,45000	30,14154	,999	-89,7930	112,6930
		5,00	35,95000	30,14154	,832	-65,2930	137,1930
		6,00	178,10000(*)	30,14154	,001	76,8570	279,3430
	3,00	1,00	38,40000	30,14154	,793	-62,8430	139,6430
		2,00	-7,00000	30,14154	1,000	-108,2430	94,2430
		4,00	4,45000	30,14154	1,000	-96,7930	105,6930
		5,00	28,95000	30,14154	,922	-72,2930	130,1930
		6,00	171,10000(*)	30,14154	,001	69,8570	272,3430
	4,00	1,00	33,95000	30,14154	,861	-67,2930	135,1930
		2,00	-11,45000	30,14154	,999	-112,6930	89,7930
		3,00	-4,45000	30,14154	1,000	-105,6930	96,7930
		5,00	24,50000	30,14154	,960	-76,7430	125,7430
		6,00	166,65000(*)	30,14154	,001	65,4070	267,8930
	5,00	1,00	9,45000	30,14154	,999	-91,7930	110,6930
		2,00	-35,95000	30,14154	,832	-137,1930	65,2930
		3,00	-28,95000	30,14154	,922	-130,1930	72,2930
		4,00	-24,50000	30,14154	,960	-125,7430	76,7430
		6,00	142,15000(*)	30,14154	,005	40,9070	243,3930
	6,00	1,00	-132,70000(*)	30,14154	,009	-233,9430	-31,4570
		2,00	-178,10000(*)	30,14154	,001	-279,3430	-76,8570
		3,00	-171,10000(*)	30,14154	,001	-272,3430	-69,8570
		4,00	-166,65000(*)	30,14154	,001	-267,8930	-65,4070
		5,00	-142,15000(*)	30,14154	,005	-243,3930	-40,9070
megmaradás	1,00	2,00	-8,33333(*)	1,84324	,007	-14,5246	-2,1420
		3,00	-6,66667(*)	1,84324	,032	-12,8580	-,4754
		4,00	-8,33333(*)	1,84324	,007	-14,5246	-2,1420
		5,00	-6,66667(*)	1,84324	,032	-12,8580	-,4754
		6,00	5,00000	1,84324	,143	-1,1913	11,1913
	2,00	1,00	8,33333(*)	1,84324	,007	2,1420	14,5246
		3,00	1,66667	1,84324	,938	-4,5246	7,8580
		4,00	,00000	1,84324	1,000	-6,1913	6,1913
		5,00	1,66667	1,84324	,938	-4,5246	7,8580
		6,00	13,33333(*)	1,84324	,000	7,1420	19,5246
	3,00	1,00	6,66667(*)	1,84324	,032	,4754	12,8580
		2,00	-1,66667	1,84324	,938	-7,8580	4,5246
		4,00	-1,66667	1,84324	,938	-7,8580	4,5246
		5,00	,00000	1,84324	1,000	-6,1913	6,1913
		6,00	11,66667(*)	1,84324	,000	5,4754	17,8580
	4,00	1,00	8,33333(*)	1,84324	,007	2,1420	14,5246
		2,00	,00000	1,84324	1,000	-6,1913	6,1913
		3,00	1,66667	1,84324	,938	-4,5246	7,8580
		5,00	1,66667	1,84324	,938	-4,5246	7,8580
		6,00	13,33333(*)	1,84324	,000	7,1420	19,5246
	5,00	1,00	6,66667(*)	1,84324	,032	,4754	12,8580
		2,00	-1,66667	1,84324	,938	-7,8580	4,5246
		3,00	,00000	1,84324	1,000	-6,1913	6,1913
		4,00	-1,66667	1,84324	,938	-7,8580	4,5246
		6,00	11,66667(*)	1,84324	,000	5,4754	17,8580
	6,00	1,00	-5,00000	1,84324	,143	-11,1913	1,1913
		2,00	-13,33333(*)	1,84324	,000	-19,5246	-7,1420
		3,00	-11,66667(*)	1,84324	,000	-17,8580	-5,4754
		4,00	-13,33333(*)	1,84324	,000	-19,5246	-7,1420

		5,00	-11,66667(*)	1,84324	,000	-17,8580	-5,4754
FCR	1,00	2,00	,01000	,02848	,999	-,0857	,1057
		3,00	,02667	,02848	,929	-,0690	,1223
		4,00	,02667	,02848	,929	-,0690	,1223
		5,00	-,02000	,02848	,978	-,1157	,0757
		6,00	-,10333(*)	,02848	,032	-,1990	-,0077
	2,00	1,00	-,01000	,02848	,999	-,1057	,0857
		3,00	,01667	,02848	,990	-,0790	,1123
		4,00	,01667	,02848	,990	-,0790	,1123
		5,00	-,03000	,02848	,890	-,1257	,0657
		6,00	-,11333(*)	,02848	,018	-,2090	-,0177
	3,00	1,00	-,02667	,02848	,929	-,1223	,0690
		2,00	-,01667	,02848	,990	-,1123	,0790
		4,00	,00000	,02848	1,000	-,0957	,0957
		5,00	-,04667	,02848	,591	-,1423	,0490
		6,00	-,13000(*)	,02848	,007	-,2257	-,0343
	4,00	1,00	-,02667	,02848	,929	-,1223	,0690
		2,00	-,01667	,02848	,990	-,1123	,0790
		3,00	,00000	,02848	1,000	-,0957	,0957
		5,00	-,04667	,02848	,591	-,1423	,0490
		6,00	-,13000(*)	,02848	,007	-,2257	-,0343
	5,00	1,00	,02000	,02848	,978	-,0757	,1157
		2,00	,03000	,02848	,890	-,0657	,1257
		3,00	,04667	,02848	,591	-,0490	,1423
		4,00	,04667	,02848	,591	-,0490	,1423
		6,00	-,08333	,02848	,102	-,1790	,0123
	6,00	1,00	,10333(*)	,02848	,032	,0077	,1990
		2,00	,11333(*)	,02848	,018	,0177	,2090
		3,00	,13000(*)	,02848	,007	,0343	,2257
		4,00	,13000(*)	,02848	,007	,0343	,2257
		5,00	,08333	,02848	,102	-,0123	,1790
SGR	1,00	2,00	,06333	,07724	,958	-,1961	,3228
		3,00	,03000	,07724	,999	-,2295	,2895
		4,00	,05000	,07724	,985	-,2095	,3095
		5,00	,07333	,07724	,925	-,1861	,3328
		6,00	,27333(*)	,07724	,037	,0139	,5328
	2,00	1,00	-,06333	,07724	,958	-,3228	,1961
		3,00	-,03333	,07724	,998	-,2928	,2261
		4,00	-,01333	,07724	1,000	-,2728	,2461
		5,00	,01000	,07724	1,000	-,2495	,2695
		6,00	,21000	,07724	,142	-,0495	,4695
	3,00	1,00	-,03000	,07724	,999	-,2895	,2295
		2,00	,03333	,07724	,998	-,2261	,2928
		4,00	,02000	,07724	1,000	-,2395	,2795
		5,00	,04333	,07724	,992	-,2161	,3028
		6,00	,24333	,07724	,071	-,0161	,5028
	4,00	1,00	-,05000	,07724	,985	-,3095	,2095
		2,00	,01333	,07724	1,000	-,2461	,2728
		3,00	-,02000	,07724	1,000	-,2795	,2395
		5,00	,02333	,07724	1,000	-,2361	,2828
		6,00	,22333	,07724	,108	-,0361	,4828

	5,00	1,00	-,07333	,07724	,925	-,3328	,1861
		2,00	-,01000	,07724	1,000	-,2695	,2495
		3,00	-,04333	,07724	,992	-,3028	,2161
		4,00	-,02333	,07724	1,000	-,2828	,2361
		6,00	,20000	,07724	,173	-,0595	,4595
	6,00	1,00	-,27333(*)	,07724	,037	-,5328	-,0139
		2,00	-,21000	,07724	,142	-,4695	,0495
		3,00	-,24333	,07724	,071	-,5028	,0161
		4,00	-,22333	,07724	,108	-,4828	,0361
		5,00	-,20000	,07724	,173	-,4595	,0595
WG	1,00	2,00	27,01000	30,53708	,943	-75,5616	129,5816
		3,00	12,83000	30,53708	,998	-89,7416	115,4016
		4,00	20,37000	30,53708	,982	-82,2016	122,9416
		5,00	30,43667	30,53708	,910	-72,1350	133,0083
		6,00	106,05333(*)	30,53708	,041	3,4817	208,6250
	2,00	1,00	-27,01000	30,53708	,943	-129,5816	75,5616
		3,00	-14,18000	30,53708	,997	-116,7516	88,3916
		4,00	-6,64000	30,53708	1,000	-109,2116	95,9316
		5,00	3,42667	30,53708	1,000	-99,1450	105,9983
		6,00	79,04333	30,53708	,174	-23,5283	181,6150
	3,00	1,00	-12,83000	30,53708	,998	-115,4016	89,7416
		2,00	14,18000	30,53708	,997	-88,3916	116,7516
		4,00	7,54000	30,53708	1,000	-95,0316	110,1116
		5,00	17,60667	30,53708	,991	-84,9650	120,1783
		6,00	93,22333	30,53708	,083	-9,3483	195,7950
	4,00	1,00	-20,37000	30,53708	,982	-122,9416	82,2016
		2,00	6,64000	30,53708	1,000	-95,9316	109,2116
		3,00	-7,54000	30,53708	1,000	-110,1116	95,0316
		5,00	10,06667	30,53708	,999	-92,5050	112,6383
		6,00	85,68333	30,53708	,124	-16,8883	188,2550
	5,00	1,00	-30,43667	30,53708	,910	-133,0083	72,1350
		2,00	-3,42667	30,53708	1,000	-105,9983	99,1450
		3,00	-17,60667	30,53708	,991	-120,1783	84,9650
		4,00	-10,06667	30,53708	,999	-112,6383	92,5050
		6,00	75,61667	30,53708	,206	-26,9550	178,1883
	6,00	1,00	-106,05333(*)	30,53708	,041	-208,6250	-3,4817
		2,00	-79,04333	30,53708	,174	-181,6150	23,5283
		3,00	-93,22333	30,53708	,083	-195,7950	9,3483
		4,00	-85,68333	30,53708	,124	-188,2550	16,8883
		5,00	-75,61667	30,53708	,206	-178,1883	26,9550
máj Se tart.	1,00	2,00	-539,29333	504,36598	,884	-2233,4187	1154,8321
		3,00	-643,03333	504,36598	,793	-2337,1587	1051,0921
		4,00	-1066,84333	504,36598	,341	-2760,9687	627,2821
		5,00	-3175,04000(*)	504,36598	,000	-4869,1654	-1480,9146
		6,00	-10998,36667(*)	504,36598	,000	-12692,4921	-9304,2413
	2,00	1,00	539,29333	504,36598	,884	-1154,8321	2233,4187
		3,00	-103,74000	504,36598	1,000	-1797,8654	1590,3854
		4,00	-527,55000	504,36598	,893	-2221,6754	1166,5754
		5,00	-2635,74667(*)	504,36598	,002	-4329,8721	-941,6213
		6,00	-10459,07333(*)	504,36598	,000	-12153,1987	-8764,9479
	3,00	1,00	643,03333	504,36598	,793	-1051,0921	2337,1587
		2,00	103,74000	504,36598	1,000	-1590,3854	1797,8654

		4,00	-423,81000	504,36598	,954	-2117,9354	1270,3154
		5,00	-2532,00667(*)	504,36598	,003	-4226,1321	-837,8813
		6,00	-10355,33333(*)	504,36598	,000	-12049,4587	-8661,2079
	4,00	1,00	1066,84333	504,36598	,341	-627,2821	2760,9687
		2,00	527,55000	504,36598	,893	-1166,5754	2221,6754
		3,00	423,81000	504,36598	,954	-1270,3154	2117,9354
		5,00	-2108,19667(*)	504,36598	,013	-3802,3221	-414,0713
		6,00	-9931,52333(*)	504,36598	,000	-11625,6487	-8237,3979
	5,00	1,00	3175,04000(*)	504,36598	,000	1480,9146	4869,1654
		2,00	2635,74667(*)	504,36598	,002	941,6213	4329,8721
		3,00	2532,00667(*)	504,36598	,003	837,8813	4226,1321
		4,00	2108,19667(*)	504,36598	,013	414,0713	3802,3221
		6,00	-7823,32667(*)	504,36598	,000	-9517,4521	-6129,2013
	6,00	1,00	10998,36667(*)	504,36598	,000	9304,2413	12692,4921
		2,00	10459,07333(*)	504,36598	,000	8764,9479	12153,1987
		3,00	10355,33333(*)	504,36598	,000	8661,2079	12049,4587
		4,00	9931,52333(*)	504,36598	,000	8237,3979	11625,6487
		5,00	7823,32667(*)	504,36598	,000	6129,2013	9517,4521
szem Se tart.	1,00	2,00	-702,88333	228,46352	,080	-1470,2742	64,5076
		3,00	-564,31000	228,46352	,208	-1331,7009	203,0809
		4,00	-717,48333	228,46352	,072	-1484,8742	49,9076
		5,00	-2317,79333(*)	228,46352	,000	-3085,1842	-1550,4024
		6,00	-5815,16333(*)	228,46352	,000	-6582,5542	-5047,7724
	2,00	1,00	702,88333	228,46352	,080	-64,5076	1470,2742
		3,00	138,57333	228,46352	,988	-628,8176	905,9642
		4,00	-14,60000	228,46352	1,000	-781,9909	752,7909
		5,00	-1614,91000(*)	228,46352	,000	-2382,3009	-847,5191
		6,00	-5112,28000(*)	228,46352	,000	-5879,6709	-4344,8891
	3,00	1,00	564,31000	228,46352	,208	-203,0809	1331,7009
		2,00	-138,57333	228,46352	,988	-905,9642	628,8176
		4,00	-153,17333	228,46352	,982	-920,5642	614,2176
		5,00	-1753,48333(*)	228,46352	,000	-2520,8742	-986,0924
		6,00	-5250,85333(*)	228,46352	,000	-6018,2442	-4483,4624
	4,00	1,00	717,48333	228,46352	,072	-49,9076	1484,8742
		2,00	14,60000	228,46352	1,000	-752,7909	781,9909
		3,00	153,17333	228,46352	,982	-614,2176	920,5642
		5,00	-1600,31000(*)	228,46352	,000	-2367,7009	-832,9191
		6,00	-5097,68000(*)	228,46352	,000	-5865,0709	-4330,2891
	5,00	1,00	2317,79333(*)	228,46352	,000	1550,4024	3085,1842
		2,00	1614,91000(*)	228,46352	,000	847,5191	2382,3009
		3,00	1753,48333(*)	228,46352	,000	986,0924	2520,8742
		4,00	1600,31000(*)	228,46352	,000	832,9191	2367,7009
		6,00	-3497,37000(*)	228,46352	,000	-4264,7609	-2729,9791
	6,00	1,00	5815,16333(*)	228,46352	,000	5047,7724	6582,5542
		2,00	5112,28000(*)	228,46352	,000	4344,8891	5879,6709
		3,00	5250,85333(*)	228,46352	,000	4483,4624	6018,2442
		4,00	5097,68000(*)	228,46352	,000	4330,2891	5865,0709
		5,00	3497,37000(*)	228,46352	,000	2729,9791	4264,7609
filé Se tart.	1,00	2,00	-693,09000(*)	206,28705	,050	-1385,9919	-,1881
		3,00	-589,78667	206,28705	,114	-1282,6885	103,1152
		4,00	-829,04667(*)	206,28705	,016	-1521,9485	-136,1448
		5,00	-1231,75667(*)	206,28705	,001	-1924,6585	-538,8548

		6,00	-2069,07333(*)	206,28705	,000	-2761,9752	-1376,1715
	2,00	1,00	693,09000(*)	206,28705	,050	,1881	1385,9919
		3,00	103,30333	206,28705	,995	-589,5985	796,2052
		4,00	-135,95667	206,28705	,983	-828,8585	556,9452
		5,00	-538,66667	206,28705	,168	-1231,5685	154,2352
		6,00	-1375,98333(*)	206,28705	,000	-2068,8852	-683,0815
	3,00	1,00	589,78667	206,28705	,114	-103,1152	1282,6885
		2,00	-103,30333	206,28705	,995	-796,2052	589,5985
		4,00	-239,26000	206,28705	,847	-932,1619	453,6419
		5,00	-641,97000	206,28705	,075	-1334,8719	50,9319
		6,00	-1479,28667(*)	206,28705	,000	-2172,1885	-786,3848
	4,00	1,00	829,04667(*)	206,28705	,016	136,1448	1521,9485
		2,00	135,95667	206,28705	,983	-556,9452	828,8585
		3,00	239,26000	206,28705	,847	-453,6419	932,1619
		5,00	-402,71000	206,28705	,419	-1095,6119	290,1919
		6,00	-1240,02667(*)	206,28705	,001	-1932,9285	-547,1248
	5,00	1,00	1231,75667(*)	206,28705	,001	538,8548	1924,6585
		2,00	538,66667	206,28705	,168	-154,2352	1231,5685
		3,00	641,97000	206,28705	,075	-50,9319	1334,8719
		4,00	402,71000	206,28705	,419	-290,1919	1095,6119
		6,00	-837,31667(*)	206,28705	,015	-1530,2185	-144,4148
	6,00	1,00	2069,07333(*)	206,28705	,000	1376,1715	2761,9752
		2,00	1375,98333(*)	206,28705	,000	683,0815	2068,8852
		3,00	1479,28667(*)	206,28705	,000	786,3848	2172,1885
		4,00	1240,02667(*)	206,28705	,001	547,1248	1932,9285
		5,00	837,31667(*)	206,28705	,015	144,4148	1530,2185
összes zsírsav menny.e	1,00	2,00	-236,09667(*)	27,12594	,000	-327,2105	-144,9828
		3,00	-197,45333(*)	27,12594	,000	-288,5672	-106,3395
		4,00	-179,64333(*)	27,12594	,000	-270,7572	-88,5295
		5,00	-157,26333(*)	27,12594	,001	-248,3772	-66,1495
		6,00	-152,00333(*)	27,12594	,001	-243,1172	-60,8895
	2,00	1,00	236,09667(*)	27,12594	,000	144,9828	327,2105
		3,00	38,64333	27,12594	,713	-52,4705	129,7572
		4,00	56,45333	27,12594	,357	-34,6605	147,5672
		5,00	78,83333	27,12594	,105	-12,2805	169,9472
		6,00	84,09333	27,12594	,077	-7,0205	175,2072
	3,00	1,00	197,45333(*)	27,12594	,000	106,3395	288,5672
		2,00	-38,64333	27,12594	,713	-129,7572	52,4705
		4,00	17,81000	27,12594	,984	-73,3039	108,9239
		5,00	40,19000	27,12594	,681	-50,9239	131,3039
		6,00	45,45000	27,12594	,570	-45,6639	136,5639
	4,00	1,00	179,64333(*)	27,12594	,000	88,5295	270,7572
		2,00	-56,45333	27,12594	,357	-147,5672	34,6605
		3,00	-17,81000	27,12594	,984	-108,9239	73,3039
		5,00	22,38000	27,12594	,957	-68,7339	113,4939
		6,00	27,64000	27,12594	,903	-63,4739	118,7539
	5,00	1,00	157,26333(*)	27,12594	,001	66,1495	248,3772
		2,00	-78,83333	27,12594	,105	-169,9472	12,2805
		3,00	-40,19000	27,12594	,681	-131,3039	50,9239
		4,00	-22,38000	27,12594	,957	-113,4939	68,7339
		6,00	5,26000	27,12594	1,000	-85,8539	96,3739
	6,00	1,00	152,00333(*)	27,12594	,001	60,8895	243,1172

		2,00	-84,09333	27,12594	,077	-175,2072	7,0205
		3,00	-45,45000	27,12594	,570	-136,5639	45,6639
		4,00	-27,64000	27,12594	,903	-118,7539	63,4739
		5,00	-5,26000	27,12594	1,000	-96,3739	85,8539
omega három zsírsav menny.	1,00	2,00	-187,62667(*)	19,57425	,000	-253,3750	-121,8783
		3,00	-161,59333(*)	19,57425	,000	-227,3417	-95,8450
		4,00	-154,38667(*)	19,57425	,000	-220,1350	-88,6383
		5,00	-137,36667(*)	19,57425	,000	-203,1150	-71,6183
		6,00	-134,10667(*)	19,57425	,000	-199,8550	-68,3583
	2,00	1,00	187,62667(*)	19,57425	,000	121,8783	253,3750
		3,00	26,03333	19,57425	,764	-39,7150	91,7817
		4,00	33,24000	19,57425	,557	-32,5084	98,9884
		5,00	50,26000	19,57425	,179	-15,4884	116,0084
		6,00	53,52000	19,57425	,139	-12,2284	119,2684
	3,00	1,00	161,59333(*)	19,57425	,000	95,8450	227,3417
		2,00	-26,03333	19,57425	,764	-91,7817	39,7150
		4,00	7,20667	19,57425	,999	-58,5417	72,9550
		5,00	24,22667	19,57425	,811	-41,5217	89,9750
		6,00	27,48667	19,57425	,724	-38,2617	93,2350
	4,00	1,00	154,38667(*)	19,57425	,000	88,6383	220,1350
		2,00	-33,24000	19,57425	,557	-98,9884	32,5084
		3,00	-7,20667	19,57425	,999	-72,9550	58,5417
		5,00	17,02000	19,57425	,947	-48,7284	82,7684
		6,00	20,28000	19,57425	,897	-45,4684	86,0284
	5,00	1,00	137,36667(*)	19,57425	,000	71,6183	203,1150
		2,00	-50,26000	19,57425	,179	-116,0084	15,4884
		3,00	-24,22667	19,57425	,811	-89,9750	41,5217
		4,00	-17,02000	19,57425	,947	-82,7684	48,7284
		6,00	3,26000	19,57425	1,000	-62,4884	69,0084
	6,00	1,00	134,10667(*)	19,57425	,000	68,3583	199,8550
		2,00	-53,52000	19,57425	,139	-119,2684	12,2284
		3,00	-27,48667	19,57425	,724	-93,2350	38,2617
		4,00	-20,28000	19,57425	,897	-86,0284	45,4684
		5,00	-3,26000	19,57425	1,000	-69,0084	62,4884
omega hat zsírsav menny.	1,00	2,00	-19,75000(*)	5,33875	,028	-37,6824	-1,8176
		3,00	-13,88000	5,33875	,171	-31,8124	4,0524
		4,00	-10,90667	5,33875	,375	-28,8391	7,0258
		5,00	-6,69000	5,33875	,803	-24,6224	11,2424
		6,00	-4,39333	5,33875	,957	-22,3258	13,5391
	2,00	1,00	19,75000(*)	5,33875	,028	1,8176	37,6824
		3,00	5,87000	5,33875	,872	-12,0624	23,8024
		4,00	8,84333	5,33875	,581	-9,0891	26,7758
		5,00	13,06000	5,33875	,215	-4,8724	30,9924
		6,00	15,35667	5,33875	,111	-2,5758	33,2891
	3,00	1,00	13,88000	5,33875	,171	-4,0524	31,8124
		2,00	-5,87000	5,33875	,872	-23,8024	12,0624
		4,00	2,97333	5,33875	,992	-14,9591	20,9058
		5,00	7,19000	5,33875	,755	-10,7424	25,1224
		6,00	9,48667	5,33875	,513	-8,4458	27,4191
	4,00	1,00	10,90667	5,33875	,375	-7,0258	28,8391

		2,00	-8,84333	5,33875	,581	-26,7758	9,0891
		3,00	-2,97333	5,33875	,992	-20,9058	14,9591
		5,00	4,21667	5,33875	,964	-13,7158	22,1491
		6,00	6,51333	5,33875	,819	-11,4191	24,4458
	5,00	1,00	6,69000	5,33875	,803	-11,2424	24,6224
		2,00	-13,06000	5,33875	,215	-30,9924	4,8724
		3,00	-7,19000	5,33875	,755	-25,1224	10,7424
		4,00	-4,21667	5,33875	,964	-22,1491	13,7158
		6,00	2,29667	5,33875	,998	-15,6358	20,2291
	6,00	1,00	4,39333	5,33875	,957	-13,5391	22,3258
		2,00	-15,35667	5,33875	,111	-33,2891	2,5758
		3,00	-9,48667	5,33875	,513	-27,4191	8,4458
		4,00	-6,51333	5,33875	,819	-24,4458	11,4191
		5,00	-2,29667	5,33875	,998	-20,2291	15,6358

* The mean difference is significant at the .05 level.

A vörös árnyékhal ivadék kihelyezéskori tömegének vizsgálata egytényezős varianciaanalízissel (Mg dúsítási kísérlet)

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,667	4	220	,616

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4,864	4	1,216	,085	,987
Within Groups	3146,111	220	14,301		
Total	3150,976	224			

Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) kezelés	(J) kezelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	1,00	2,00	,28222	,79723	,997	-1,9106	2,4750	
		3,00	,21778	,79723	,999	-1,9750	2,4106	
		4,00	,18000	,79723	,999	-2,0128	2,3728	
		5,00	-,11333	,79723	1,000	-2,3061	2,0795	
		2,00	1,00	-,28222	,79723	,997	-2,4750	1,9106
	2,00	3,00	-,06444	,79723	1,000	-2,2573	2,1284	
		4,00	-,10222	,79723	1,000	-2,2950	2,0906	
		5,00	-,39556	,79723	,988	-2,5884	1,7973	
		3,00	1,00	-,21778	,79723	,999	-2,4106	1,9750
		2,00	2,00	,06444	,79723	1,000	-2,1284	2,2573
	3,00	4,00	-,03778	,79723	1,000	-2,2306	2,1550	
		5,00	-,33111	,79723	,994	-2,5239	1,8617	
		4,00	1,00	-,18000	,79723	,999	-2,3728	2,0128
		2,00	2,00	,10222	,79723	1,000	-2,0906	2,2950
		3,00	3,00	,03778	,79723	1,000	-2,1550	2,2306
	4,00	5,00	-,29333	,79723	,996	-2,4861	1,8995	
		5,00	1,00	,11333	,79723	1,000	-2,0795	2,3061
		2,00	3,00	,39556	,79723	,988	-1,7973	2,5884
		3,00	4,00	,33111	,79723	,994	-1,8617	2,5239
		4,00	4,00	,29333	,79723	,996	-1,8995	2,4861

11. sz. melléklet

A vörös árnyékhal ivadék hetenkénti tömegének vizsgálata egytényezős varianciaanalízissel (Mg dúsítási kísérlet)

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
első hét	2,400	4	10	,119
második hét	1,852	4	10	,196
harmadik hét	1,088	4	10	,413
negyedik hét	1,097	4	10	,409
ötödik hét	1,524	4	10	,268
hatodik hét	1,226	4	10	,360
hetedik hét	1,272	4	10	,344
nyolcadik hét	1,444	4	10	,290

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
első hét	Between Groups	1,284	4	,321	,352	,837
	Within Groups	9,112	10	,911		
	Total	10,395	14			
második hét	Between Groups	1,584	4	,396	,138	,964
	Within Groups	28,757	10	2,876		
	Total	30,341	14			
harmadik hét	Between Groups	5,459	4	1,365	,379	,819
	Within Groups	36,038	10	3,604		
	Total	41,497	14			
negyedik hét	Between Groups	18,043	4	4,511	1,313	,330
	Within Groups	34,348	10	3,435		
	Total	52,391	14			
ötödik hét	Between Groups	30,591	4	7,648	1,041	,433
	Within Groups	73,483	10	7,348		
	Total	104,074	14			
hatodik hét	Between Groups	78,039	4	19,510	1,139	,393
	Within Groups	171,332	10	17,133		
	Total	249,372	14			
hetedik hét	Between Groups	101,162	4	25,291	,787	,559
	Within Groups	321,408	10	32,141		
	Total	422,570	14			
nyolcadik hét	Between Groups	164,584	4	41,146	1,118	,401
	Within Groups	368,082	10	36,808		
	Total	532,666	14			

Multiple Comparisons

Dependent Variable Tukey HSD	(I) kezelés	(J) kezelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
első hét	1,00	2,00	-,11333	,77938	1,000	-2,6783	2,4517
		3,00	,51667	,77938	,960	-2,0483	3,0817
		4,00	,00667	,77938	1,000	-2,5583	2,5717

		5,00	,59000	,77938	,937	-1,9750	3,1550
	2,00	1,00	,11333	,77938	1,000	-2,4517	2,6783
		3,00	,63000	,77938	,922	-1,9350	3,1950
		4,00	,12000	,77938	1,000	-2,4450	2,6850
		5,00	,70333	,77938	,890	-1,8617	3,2683
	3,00	1,00	-,51667	,77938	,960	-3,0817	2,0483
		2,00	-,63000	,77938	,922	-3,1950	1,9350
		4,00	-,51000	,77938	,962	-3,0750	2,0550
		5,00	,07333	,77938	1,000	-2,4917	2,6383
	4,00	1,00	-,00667	,77938	1,000	-2,5717	2,5583
		2,00	-,12000	,77938	1,000	-2,6850	2,4450
		3,00	,51000	,77938	,962	-2,0550	3,0750
		5,00	,58333	,77938	,940	-1,9817	3,1483
	5,00	1,00	-,59000	,77938	,937	-3,1550	1,9750
		2,00	-,70333	,77938	,890	-3,2683	1,8617
		3,00	-,07333	,77938	1,000	-2,6383	2,4917
		4,00	-,58333	,77938	,940	-3,1483	1,9817
második hét	1,00	2,00	-,20667	1,38459	1,000	-4,7635	4,3501
		3,00	-,38000	1,38459	,999	-4,9368	4,1768
		4,00	-,44000	1,38459	,997	-4,9968	4,1168
		5,00	,46000	1,38459	,997	-4,0968	5,0168
	2,00	1,00	,20667	1,38459	1,000	-4,3501	4,7635
		3,00	-,17333	1,38459	1,000	-4,7301	4,3835
		4,00	-,23333	1,38459	1,000	-4,7901	4,3235
		5,00	,66667	1,38459	,987	-3,8901	5,2235
	3,00	1,00	,38000	1,38459	,999	-4,1768	4,9368
		2,00	,17333	1,38459	1,000	-4,3835	4,7301
		4,00	-,06000	1,38459	1,000	-4,6168	4,4968
		5,00	,84000	1,38459	,971	-3,7168	5,3968
	4,00	1,00	,44000	1,38459	,997	-4,1168	4,9968
		2,00	,23333	1,38459	1,000	-4,3235	4,7901
		3,00	,06000	1,38459	1,000	-4,4968	4,6168
		5,00	,90000	1,38459	,963	-3,6568	5,4568
	5,00	1,00	-,46000	1,38459	,997	-5,0168	4,0968
		2,00	-,66667	1,38459	,987	-5,2235	3,8901
		3,00	-,84000	1,38459	,971	-5,3968	3,7168
		4,00	-,90000	1,38459	,963	-5,4568	3,6568
harmadik hét	1,00	2,00	-,00667	1,55000	1,000	-5,1079	5,0945
		3,00	,12333	1,55000	1,000	-4,9779	5,2245
		4,00	,55000	1,55000	,996	-4,5512	5,6512
		5,00	1,58667	1,55000	,839	-3,5145	6,6879
	2,00	1,00	,00667	1,55000	1,000	-5,0945	5,1079
		3,00	,13000	1,55000	1,000	-4,9712	5,2312
		4,00	,55667	1,55000	,996	-4,5445	5,6579
		5,00	1,59333	1,55000	,837	-3,5079	6,6945
	3,00	1,00	-,12333	1,55000	1,000	-5,2245	4,9779
		2,00	-,13000	1,55000	1,000	-5,2312	4,9712
		4,00	,42667	1,55000	,999	-4,6745	5,5279
		5,00	1,46333	1,55000	,873	-3,6379	6,5645
	4,00	1,00	-,55000	1,55000	,996	-5,6512	4,5512
		2,00	-,55667	1,55000	,996	-5,6579	4,5445
		3,00	-,42667	1,55000	,999	-5,5279	4,6745

		5,00	1,03667	1,55000	,959	-4,0645	6,1379
	5,00	1,00	-1,58667	1,55000	,839	-6,6879	3,5145
		2,00	-1,59333	1,55000	,837	-6,6945	3,5079
		3,00	-1,46333	1,55000	,873	-6,5645	3,6379
		4,00	-1,03667	1,55000	,959	-6,1379	4,0645
negyedik hét	1,00	2,00	-,77667	1,51323	,984	-5,7568	4,2035
		3,00	-2,66000	1,51323	,445	-7,6402	2,3202
		4,00	,53000	1,51323	,996	-4,4502	5,5102
		5,00	-,27000	1,51323	1,000	-5,2502	4,7102
	2,00	1,00	,77667	1,51323	,984	-4,2035	5,7568
		3,00	-1,88333	1,51323	,728	-6,8635	3,0968
		4,00	1,30667	1,51323	,904	-3,6735	6,2868
		5,00	,50667	1,51323	,997	-4,4735	5,4868
	3,00	1,00	2,66000	1,51323	,445	-2,3202	7,6402
		2,00	1,88333	1,51323	,728	-3,0968	6,8635
		4,00	3,19000	1,51323	,288	-1,7902	8,1702
		5,00	2,39000	1,51323	,540	-2,5902	7,3702
	4,00	1,00	-,53000	1,51323	,996	-5,5102	4,4502
		2,00	-1,30667	1,51323	,904	-6,2868	3,6735
		3,00	-3,19000	1,51323	,288	-8,1702	1,7902
		5,00	-,80000	1,51323	,982	-5,7802	4,1802
	5,00	1,00	,27000	1,51323	1,000	-4,7102	5,2502
		2,00	-,50667	1,51323	,997	-5,4868	4,4735
		3,00	-2,39000	1,51323	,540	-7,3702	2,5902
		4,00	,80000	1,51323	,982	-4,1802	5,7802
ötödik hét	1,00	2,00	-,91667	2,21334	,993	-8,2010	6,3676
		3,00	-3,30667	2,21334	,588	-10,5910	3,9776
		4,00	,27667	2,21334	1,000	-7,0076	7,5610
		5,00	,68667	2,21334	,998	-6,5976	7,9710
	2,00	1,00	,91667	2,21334	,993	-6,3676	8,2010
		3,00	-2,39000	2,21334	,813	-9,6743	4,8943
		4,00	1,19333	2,21334	,981	-6,0910	8,4776
		5,00	1,60333	2,21334	,946	-5,6810	8,8876
	3,00	1,00	3,30667	2,21334	,588	-3,9776	10,5910
		2,00	2,39000	2,21334	,813	-4,8943	9,6743
		4,00	3,58333	2,21334	,518	-3,7010	10,8676
		5,00	3,99333	2,21334	,422	-3,2910	11,2776
	4,00	1,00	-,27667	2,21334	1,000	-7,5610	7,0076
		2,00	-1,19333	2,21334	,981	-8,4776	6,0910
		3,00	-3,58333	2,21334	,518	-10,8676	3,7010
		5,00	,41000	2,21334	1,000	-6,8743	7,6943
	5,00	1,00	-,68667	2,21334	,998	-7,9710	6,5976
		2,00	-1,60333	2,21334	,946	-8,8876	5,6810
		3,00	-3,99333	2,21334	,422	-11,2776	3,2910
		4,00	-,41000	2,21334	1,000	-7,6943	6,8743
hatodik hét	1,00	2,00	-1,03667	3,37967	,998	-12,1594	10,0861
		3,00	-4,65667	3,37967	,654	-15,7794	6,4661
		4,00	1,37667	3,37967	,993	-9,7461	12,4994
		5,00	1,66333	3,37967	,986	-9,4594	12,7861
	2,00	1,00	1,03667	3,37967	,998	-10,0861	12,1594
		3,00	-3,62000	3,37967	,817	-14,7428	7,5028
		4,00	2,41333	3,37967	,948	-8,7094	13,5361

		5,00	2,70000	3,37967	,925	-8,4228	13,8228
	3,00	1,00	4,65667	3,37967	,654	-6,4661	15,7794
		2,00	3,62000	3,37967	,817	-7,5028	14,7428
		4,00	6,03333	3,37967	,431	-5,0894	17,1561
		5,00	6,32000	3,37967	,390	-4,8028	17,4428
	4,00	1,00	-1,37667	3,37967	,993	-12,4994	9,7461
		2,00	-2,41333	3,37967	,948	-13,5361	8,7094
		3,00	-6,03333	3,37967	,431	-17,1561	5,0894
		5,00	,28667	3,37967	1,000	-10,8361	11,4094
	5,00	1,00	-1,66333	3,37967	,986	-12,7861	9,4594
		2,00	-2,70000	3,37967	,925	-13,8228	8,4228
		3,00	-6,32000	3,37967	,390	-17,4428	4,8028
		4,00	-,28667	3,37967	1,000	-11,4094	10,8361
hetedik hét	1,00	2,00	-,84000	4,62895	1,000	-16,0743	14,3943
		3,00	-4,93667	4,62895	,819	-20,1709	10,2976
		4,00	,45667	4,62895	1,000	-14,7776	15,6909
		5,00	3,07333	4,62895	,960	-12,1609	18,3076
	2,00	1,00	,84000	4,62895	1,000	-14,3943	16,0743
		3,00	-4,09667	4,62895	,896	-19,3309	11,1376
		4,00	1,29667	4,62895	,998	-13,9376	16,5309
		5,00	3,91333	4,62895	,910	-11,3209	19,1476
	3,00	1,00	4,93667	4,62895	,819	-10,2976	20,1709
		2,00	4,09667	4,62895	,896	-11,1376	19,3309
		4,00	5,39333	4,62895	,770	-9,8409	20,6276
		5,00	8,01000	4,62895	,459	-7,2243	23,2443
	4,00	1,00	-,45667	4,62895	1,000	-15,6909	14,7776
		2,00	-1,29667	4,62895	,998	-16,5309	13,9376
		3,00	-5,39333	4,62895	,770	-20,6276	9,8409
		5,00	2,61667	4,62895	,977	-12,6176	17,8509
	5,00	1,00	-3,07333	4,62895	,960	-18,3076	12,1609
		2,00	-3,91333	4,62895	,910	-19,1476	11,3209
		3,00	-8,01000	4,62895	,459	-23,2443	7,2243
		4,00	-2,61667	4,62895	,977	-17,8509	12,6176
nyolcadik hét	1,00	2,00	-1,10667	4,95366	,999	-17,4096	15,1962
		3,00	-6,56000	4,95366	,684	-22,8629	9,7429
		4,00	-,45333	4,95366	1,000	-16,7562	15,8496
		5,00	3,76667	4,95366	,936	-12,5362	20,0696
	2,00	1,00	1,10667	4,95366	,999	-15,1962	17,4096
		3,00	-5,45333	4,95366	,803	-21,7562	10,8496
		4,00	,65333	4,95366	1,000	-15,6496	16,9562
		5,00	4,87333	4,95366	,857	-11,4296	21,1762
	3,00	1,00	6,56000	4,95366	,684	-9,7429	22,8629
		2,00	5,45333	4,95366	,803	-10,8496	21,7562
		4,00	6,10667	4,95366	,734	-10,1962	22,4096
		5,00	10,32667	4,95366	,297	-5,9762	26,6296
	4,00	1,00	,45333	4,95366	1,000	-15,8496	16,7562
		2,00	-,65333	4,95366	1,000	-16,9562	15,6496
		3,00	-6,10667	4,95366	,734	-22,4096	10,1962
		5,00	4,22000	4,95366	,908	-12,0829	20,5229
	5,00	1,00	-3,76667	4,95366	,936	-20,0696	12,5362
		2,00	-4,87333	4,95366	,857	-21,1762	11,4296
		3,00	-10,32667	4,95366	,297	-26,6296	5,9762

		4,00	-4,22000	4,95366	,908	-20,5229	12,0829
--	--	------	----------	---------	------	----------	---------

12. sz. melléklet

A vörös árnyékhal ivadék termelési paramétereinek vizsgálata egytényezős varianciaanalízissel (Mg dúsítási kísérlet)

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
megmaradás	1,305	4	10	,333
FCR	1,880	4	10	,191
SGR	2,822	4	10	,083
WG	2,243	4	10	,137
átlagtömeg	1,357	4	10	,316
biomassza	3,828	4	10	,039
Ca hús	1,328	4	10	,325
Mg hús	2,485	4	10	,111
Ca csont	2,113	4	10	,154
Mg csont	1,873	4	10	,192
K faktor	1,853	4	10	,195

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
megmaradás	Between Groups	1344,683	4	336,171	2,270	,134
	Within Groups	1481,193	10	148,119		
	Total	2825,876	14			
FCR	Between Groups	3,711	4	,928	14,199	,000
	Within Groups	,653	10	,065		
	Total	4,364	14			
SGR	Between Groups	,443	4	,111	1,114	,402
	Within Groups	,993	10	,099		
	Total	1,436	14			
WG	Between Groups	9119,209	4	2279,802	1,478	,280
	Within Groups	15423,700	10	1542,370		
	Total	24542,909	14			
átlagtömeg	Between Groups	170,433	4	42,608	1,166	,382
	Within Groups	365,380	10	36,538		
	Total	535,813	14			
biomassza	Between Groups	43020,657	4	10755,164	1,466	,283
	Within Groups	73359,387	10	7335,939		
	Total	116380,044	14			
Ca hús	Between Groups	28156805,100	4	7039201,275	7,766	,004
	Within Groups	9064105,500	10	906410,550		
	Total	37220910,600	14			
Mg hús	Between Groups	1349268,900	4	337317,225	1,111	,404
	Within Groups	3037287,500	10	303728,750		
	Total	4386556,400	14			
Ca csont	Between Groups	5753689850,100	4	1438422462,525	3,540	,048
	Within Groups	4062833379,000	10	406283337,900		
	Total	9816523229,100	14			
Mg csont	Between Groups	897867,900	4	224466,975	2,399	,119
	Within Groups	935765,500	10	93576,550		

K-faktor	Total	1833633,400	14			
	Between Groups	,416	4	,104	,913	,493
	Within Groups	1,138	10	,114		
	Total	1,554	14			

Multiple Comparisons

Dependent Variable	Tukey HSD	(I) kezelés	(J) kezelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
megmaradás	1,00	2,00		-15,56667	9,93711	,547	-48,2705	17,1372
			3,00	-4,46667	9,93711	,990	-37,1705	28,2372
			4,00	-26,66667	9,93711	,127	-59,3705	6,0372
			5,00	-6,66667	9,93711	,958	-39,3705	26,0372
			1,00	15,56667	9,93711	,547	-17,1372	48,2705
	2,00	3,00		11,10000	9,93711	,795	-21,6039	43,8039
			4,00	-11,10000	9,93711	,795	-43,8039	21,6039
			5,00	8,90000	9,93711	,892	-23,8039	41,6039
			1,00	4,46667	9,93711	,990	-28,2372	37,1705
			2,00	-11,10000	9,93711	,795	-43,8039	21,6039
	3,00	4,00		-22,20000	9,93711	,243	-54,9039	10,5039
			5,00	-2,20000	9,93711	,999	-34,9039	30,5039
			1,00	26,66667	9,93711	,127	-6,0372	59,3705
			2,00	11,10000	9,93711	,795	-21,6039	43,8039
			3,00	22,20000	9,93711	,243	-10,5039	54,9039
	4,00	5,00		20,00000	9,93711	,326	-12,7039	52,7039
			1,00	6,66667	9,93711	,958	-26,0372	39,3705
			2,00	-8,90000	9,93711	,892	-41,6039	23,8039
			3,00	2,20000	9,93711	,999	-30,5039	34,9039
			4,00	-20,00000	9,93711	,326	-52,7039	12,7039
FCR	1,00	2,00		,13333	,20870	,965	-,5535	,8202
			3,00	,83333(*)	,20870	,017	,1465	1,5202
			4,00	1,23333(*)	,20870	,001	,5465	1,9202
			5,00	1,06667(*)	,20870	,003	,3798	1,7535
			2,00	1,00	-,13333	,20870	,965	-,8202
	2,00	3,00		,70000(*)	,20870	,045	,0132	1,3868
			4,00	1,10000(*)	,20870	,003	,4132	1,7868
			5,00	,93333(*)	,20870	,008	,2465	1,6202
			1,00	-,83333(*)	,20870	,017	-1,5202	-,1465
			2,00	-,70000(*)	,20870	,045	-1,3868	-,0132
	3,00	4,00		,40000	,20870	,368	-,2868	1,0868
			5,00	,23333	,20870	,794	-,4535	,9202
			1,00	-1,23333(*)	,20870	,001	-1,9202	-,5465
			2,00	-1,10000(*)	,20870	,003	-1,7868	-,4132
			3,00	-,40000	,20870	,368	-1,0868	,2868
	4,00	5,00		-,16667	,20870	,925	-,8535	,5202
			1,00	-1,06667(*)	,20870	,003	-1,7535	-,3798
			2,00	-,93333(*)	,20870	,008	-1,6202	-,2465
			3,00	-,23333	,20870	,794	-,9202	,4535
			4,00	,16667	,20870	,925	-,5202	,8535
SGR	1,00	2,00		-,10000	,25734	,994	-,9469	,7469
			3,00	-,30000	,25734	,770	-1,1469	,5469

		4,00	-,03333	,25734	1,000	-,8802	,8136
		5,00	,23333	,25734	,888	-,6136	1,0802
	2,00	1,00	,10000	,25734	,994	-,7469	,9469
		3,00	-,20000	,25734	,932	-1,0469	,6469
		4,00	,06667	,25734	,999	-,7802	,9136
		5,00	,33333	,25734	,700	-,5136	1,1802
	3,00	1,00	,30000	,25734	,770	-,5469	1,1469
		2,00	,20000	,25734	,932	-,6469	1,0469
		4,00	,26667	,25734	,833	-,5802	1,1136
		5,00	,53333	,25734	,302	-,3136	1,3802
	4,00	1,00	,03333	,25734	1,000	-,8136	,8802
		2,00	-,06667	,25734	,999	-,9136	,7802
		3,00	-,26667	,25734	,833	-1,1136	,5802
		5,00	,26667	,25734	,833	-,5802	1,1136
	5,00	1,00	-,23333	,25734	,888	-1,0802	,6136
		2,00	-,33333	,25734	,700	-1,1802	,5136
		3,00	-,53333	,25734	,302	-1,3802	,3136
		4,00	-,26667	,25734	,833	-1,1136	,5802
WG	1,00	2,00	-12,96667	32,06629	,993	-118,4994	92,5661
		3,00	-49,73333	32,06629	,556	-155,2661	55,7994
		4,00	-6,60000	32,06629	1,000	-112,1328	98,9328
		5,00	26,76667	32,06629	,914	-78,7661	132,2994
	2,00	1,00	12,96667	32,06629	,993	-92,5661	118,4994
		3,00	-36,76667	32,06629	,780	-142,2994	68,7661
		4,00	6,36667	32,06629	1,000	-99,1661	111,8994
		5,00	39,73333	32,06629	,731	-65,7994	145,2661
	3,00	1,00	49,73333	32,06629	,556	-55,7994	155,2661
		2,00	36,76667	32,06629	,780	-68,7661	142,2994
		4,00	43,13333	32,06629	,672	-62,3994	148,6661
		5,00	76,50000	32,06629	,196	-29,0328	182,0328
	4,00	1,00	6,60000	32,06629	1,000	-98,9328	112,1328
		2,00	-6,36667	32,06629	1,000	-111,8994	99,1661
		3,00	-43,13333	32,06629	,672	-148,6661	62,3994
		5,00	33,36667	32,06629	,831	-72,1661	138,8994
	5,00	1,00	-26,76667	32,06629	,914	-132,2994	78,7661
		2,00	-39,73333	32,06629	,731	-145,2661	65,7994
		3,00	-76,50000	32,06629	,196	-182,0328	29,0328
		4,00	-33,36667	32,06629	,831	-138,8994	72,1661
átlagtömeg	1,00	2,00	-1,10000	4,93545	,999	-17,3430	15,1430
		3,00	-6,56667	4,93545	,680	-22,8096	9,6763
		4,00	-,46667	4,93545	1,000	-16,7096	15,7763
		5,00	3,96667	4,93545	,924	-12,2763	20,2096
	2,00	1,00	1,10000	4,93545	,999	-15,1430	17,3430
		3,00	-5,46667	4,93545	,799	-21,7096	10,7763
		4,00	,63333	4,93545	1,000	-15,6096	16,8763
		5,00	5,06667	4,93545	,838	-11,1763	21,3096
	3,00	1,00	6,56667	4,93545	,680	-9,6763	22,8096
		2,00	5,46667	4,93545	,799	-10,7763	21,7096
		4,00	6,10000	4,93545	,732	-10,1430	22,3430
		5,00	10,53333	4,93545	,278	-5,7096	26,7763
	4,00	1,00	,46667	4,93545	1,000	-15,7763	16,7096
		2,00	-,63333	4,93545	1,000	-16,8763	15,6096

		3,00	-6,10000	4,93545	,732	-22,3430	10,1430
		5,00	4,43333	4,93545	,891	-11,8096	20,6763
	5,00	1,00	-3,96667	4,93545	,924	-20,2096	12,2763
		2,00	-5,06667	4,93545	,838	-21,3096	11,1763
		3,00	-10,53333	4,93545	,278	-26,7763	5,7096
		4,00	-4,43333	4,93545	,891	-20,6763	11,8096
biomassza	1,00	2,00	-87,56667	69,93301	,724	-317,7219	142,5886
		3,00	-63,76667	69,93301	,886	-293,9219	166,3886
		4,00	-145,70000	69,93301	,298	-375,8553	84,4553
		5,00	-8,73333	69,93301	1,000	-238,8886	221,4219
	2,00	1,00	87,56667	69,93301	,724	-142,5886	317,7219
		3,00	23,80000	69,93301	,997	-206,3553	253,9553
		4,00	-58,13333	69,93301	,915	-288,2886	172,0219
		5,00	78,83333	69,93301	,789	-151,3219	308,9886
	3,00	1,00	63,76667	69,93301	,886	-166,3886	293,9219
		2,00	-23,80000	69,93301	,997	-253,9553	206,3553
		4,00	-81,93333	69,93301	,767	-312,0886	148,2219
		5,00	55,03333	69,93301	,929	-175,1219	285,1886
	4,00	1,00	145,70000	69,93301	,298	-84,4553	375,8553
		2,00	58,13333	69,93301	,915	-172,0219	288,2886
		3,00	81,93333	69,93301	,767	-148,2219	312,0886
		5,00	136,96667	69,93301	,350	-93,1886	367,1219
	5,00	1,00	8,73333	69,93301	1,000	-221,4219	238,8886
		2,00	-78,83333	69,93301	,789	-308,9886	151,3219
		3,00	-55,03333	69,93301	,929	-285,1886	175,1219
		4,00	-136,96667	69,93301	,350	-367,1219	93,1886
Ca hús	1,00	2,00	2407,00000	777,35044	,068	-151,3241	4965,3241
		3,00	3214,50000(*)	777,35044	,014	656,1759	5772,8241
		4,00	3634,50000(*)	777,35044	,006	1076,1759	6192,8241
		5,00	3668,50000(*)	777,35044	,006	1110,1759	6226,8241
	2,00	1,00	-2407,00000	777,35044	,068	-4965,3241	151,3241
		3,00	807,50000	777,35044	,832	-1750,8241	3365,8241
		4,00	1227,50000	777,35044	,540	-1330,8241	3785,8241
		5,00	1261,50000	777,35044	,516	-1296,8241	3819,8241
	3,00	1,00	-3214,50000(*)	777,35044	,014	-5772,8241	-656,1759
		2,00	-807,50000	777,35044	,832	-3365,8241	1750,8241
		4,00	420,00000	777,35044	,981	-2138,3241	2978,3241
		5,00	454,00000	777,35044	,974	-2104,3241	3012,3241
	4,00	1,00	-3634,50000(*)	777,35044	,006	-6192,8241	-1076,1759
		2,00	-1227,50000	777,35044	,540	-3785,8241	1330,8241
		3,00	-420,00000	777,35044	,981	-2978,3241	2138,3241
		5,00	34,00000	777,35044	1,000	-2524,3241	2592,3241
	5,00	1,00	-3668,50000(*)	777,35044	,006	-6226,8241	-1110,1759
		2,00	-1261,50000	777,35044	,516	-3819,8241	1296,8241
		3,00	-454,00000	777,35044	,974	-3012,3241	2104,3241
		4,00	-34,00000	777,35044	1,000	-2592,3241	2524,3241
Mg hús	1,00	2,00	329,00000	449,98426	,944	-1151,9352	1809,9352
		3,00	696,00000	449,98426	,558	-784,9352	2176,9352
		4,00	160,50000	449,98426	,996	-1320,4352	1641,4352
		5,00	-181,50000	449,98426	,994	-1662,4352	1299,4352
	2,00	1,00	-329,00000	449,98426	,944	-1809,9352	1151,9352
		3,00	367,00000	449,98426	,920	-1113,9352	1847,9352

		4,00	-168,50000	449,98426	,995	-1649,4352	1312,4352
		5,00	-510,50000	449,98426	,786	-1991,4352	970,4352
	3,00	1,00	-696,00000	449,98426	,558	-2176,9352	784,9352
		2,00	-367,00000	449,98426	,920	-1847,9352	1113,9352
		4,00	-535,50000	449,98426	,757	-2016,4352	945,4352
		5,00	-877,50000	449,98426	,353	-2358,4352	603,4352
	4,00	1,00	-160,50000	449,98426	,996	-1641,4352	1320,4352
		2,00	168,50000	449,98426	,995	-1312,4352	1649,4352
		3,00	535,50000	449,98426	,757	-945,4352	2016,4352
		5,00	-342,00000	449,98426	,936	-1822,9352	1138,9352
	5,00	1,00	181,50000	449,98426	,994	-1299,4352	1662,4352
		2,00	510,50000	449,98426	,786	-970,4352	1991,4352
		3,00	877,50000	449,98426	,353	-603,4352	2358,4352
		4,00	342,00000	449,98426	,936	-1138,9352	1822,9352
Ca csont	1,00	2,00	36867,50000	16457,68995	,241	-17296,1095	91031,1095
		3,00	58259,50000(*)	16457,68995	,034	4095,8905	112423,1095
		4,00	34483,00000	16457,68995	,293	-19680,6095	88646,6095
		5,00	17607,00000	16457,68995	,818	-36556,6095	71770,6095
	2,00	1,00	-36867,50000	16457,68995	,241	-91031,1095	17296,1095
		3,00	21392,00000	16457,68995	,697	-32771,6095	75555,6095
		4,00	-2384,50000	16457,68995	1,000	-56548,1095	51779,1095
		5,00	-19260,50000	16457,68995	,767	-73424,1095	34903,1095
	3,00	1,00	-58259,50000(*)	16457,68995	,034	-112423,1095	-4095,8905
		2,00	-21392,00000	16457,68995	,697	-75555,6095	32771,6095
		4,00	-23776,50000	16457,68995	,616	-77940,1095	30387,1095
		5,00	-40652,50000	16457,68995	,174	-94816,1095	13511,1095
	4,00	1,00	-34483,00000	16457,68995	,293	-88646,6095	19680,6095
		2,00	2384,50000	16457,68995	1,000	-51779,1095	56548,1095
		3,00	23776,50000	16457,68995	,616	-30387,1095	77940,1095
		5,00	-16876,00000	16457,68995	,838	-71039,6095	37287,6095
	5,00	1,00	-17607,00000	16457,68995	,818	-71770,6095	36556,6095
		2,00	19260,50000	16457,68995	,767	-34903,1095	73424,1095
		3,00	40652,50000	16457,68995	,174	-13511,1095	94816,1095
		4,00	16876,00000	16457,68995	,838	-37287,6095	71039,6095
Mg csont	1,00	2,00	463,50000	249,76863	,397	-358,5091	1285,5091
		3,00	718,50000	249,76863	,095	-103,5091	1540,5091
		4,00	295,00000	249,76863	,762	-527,0091	1117,0091
		5,00	187,00000	249,76863	,940	-635,0091	1009,0091
	2,00	1,00	-463,50000	249,76863	,397	-1285,5091	358,5091
		3,00	255,00000	249,76863	,840	-567,0091	1077,0091
		4,00	-168,50000	249,76863	,958	-990,5091	653,5091
		5,00	-276,50000	249,76863	,799	-1098,5091	545,5091
	3,00	1,00	-718,50000	249,76863	,095	-1540,5091	103,5091
		2,00	-255,00000	249,76863	,840	-1077,0091	567,0091
		4,00	-423,50000	249,76863	,477	-1245,5091	398,5091
		5,00	-531,50000	249,76863	,280	-1353,5091	290,5091
	4,00	1,00	-295,00000	249,76863	,762	-1117,0091	527,0091
		2,00	168,50000	249,76863	,958	-653,5091	990,5091
		3,00	423,50000	249,76863	,477	-398,5091	1245,5091
		5,00	-108,00000	249,76863	,992	-930,0091	714,0091
	5,00	1,00	-187,00000	249,76863	,940	-1009,0091	635,0091
		2,00	276,50000	249,76863	,799	-545,5091	1098,5091

		3,00	531,50000	249,76863	,280	-290,5091	1353,5091
		4,00	108,00000	249,76863	,992	-714,0091	930,0091
K-faktor	1,00	2,00	-,16406	,27547	,973	-1,0707	,7425
		3,00	-,40529	,27547	,601	-1,3119	,5013
		4,00	-,10946	,27547	,994	-1,0160	,7971
		5,00	,08196	,27547	,998	-,8246	,9885
	2,00	1,00	,16406	,27547	,973	-,7425	1,0707
		3,00	-,24123	,27547	,899	-1,1478	,6654
		4,00	,05461	,27547	1,000	-,8520	,9612
		5,00	,24602	,27547	,893	-,6606	1,1526
	3,00	1,00	,40529	,27547	,601	-,5013	1,3119
		2,00	,24123	,27547	,899	-,6654	1,1478
		4,00	,29584	,27547	,816	-,6107	1,2024
		5,00	,48725	,27547	,440	-,4193	1,3938
	4,00	1,00	,10946	,27547	,994	-,7971	1,0160
		2,00	-,05461	,27547	1,000	-,9612	,8520
		3,00	-,29584	,27547	,816	-1,2024	,6107
		5,00	,19141	,27547	,953	-,7152	1,0980
	5,00	1,00	-,08196	,27547	,998	-,9885	,8246
		2,00	-,24602	,27547	,893	-1,1526	,6606
		3,00	-,48725	,27547	,440	-1,3938	,4193
		4,00	-,19141	,27547	,953	-1,0980	,7152

* The mean difference is significant at the .05 level.

15 NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen,

.....

a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Juhász Péter doktorjelölt 2011. – 2014. között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen,

.....

a témavezető aláírása

.....

a témavezető aláírása

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni a segítséget mindazoknak, akik a doktori munkám sikeres elvégzéséhez hozzájárultak. Köszönöm a témavezetői segítséget konzulenseimnek Dr. Nagy Sándor Alexnak és Dr. Stündl Lászlónak, hálás vagyok kollégáimnak Dr. Bársony Péternek, Csorvási Évának és Dr. Fehér Milánnak a kísérletek elvégzéséhez nyújtott segítségükért, melyet kifejez, hogy jelen dolgozat „anyag és módszer”-t tartalmazó, illetve arra vonatkozó fejezetei többszám harmadik személyben kerültek megfoglamzásra.

Köszönet illeti Dr. Prokisch Józsefet és Sztrik Atillát azért, hogy rendelkezésemre bocsátották a takarmányok dúsításához szüksége nanoszélén-készítményeket, illetve elvégezték az elemtartalom-vizsgálatokat. Hálás vagyok Dr. Kovács Béla professzor úrnak és Baranyai Edinának a minták kalcium és magnéziumtartalmának meghatározásáért.

Köszönetet szeretnék mondani Dr. Vári Enikőnek az adatok statisztikai elemzésében és a dolgozat összeállításában nyújtott fáradhatatlan munkájáért.

Végül, de nem utolsó sorban meg szeretném köszönni a „*Exportképes halfajok (Barramundi; Vörös árnyékhal) termeléstehnológiájának komplex fejlesztése*” című, OM-00055/2009 (BARRA_09) projektnek és a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „*Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program*” a kutatáshoz nyújtott anyagi támogatását.



Nyilvántartási szám: DEENK/406/2017.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Juhász Péter
Neptun kód: ED0HM7
Doktori Iskola: Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10040754

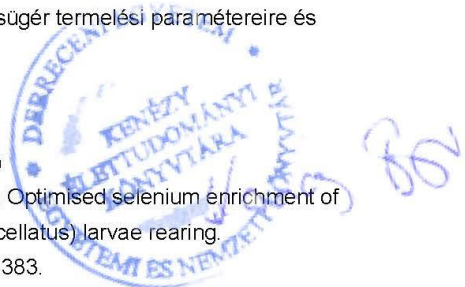
A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (6)

1. Csorvási, É., Fehér, M., **Juhász, P.**, Stündl, L., Bársony, P.: Bioaktív takarmány-kiegészítők hatása intenzíven nevelt pontyivadék (*Cyprinus carpio*) termelési paramétereire. *Halászatfejlesztés*. 36, 53-64, 2017. ISSN: 1219-4816.
2. Csorvási, É., Zaheri, A. S., Fehér, M., **Juhász, P.**, Stündl, L., Bársony, P.: Bioaktív takarmány-kiegészítők hatása intenzíven nevelt pontyivadék (*Cyprinus carpio*) termelési paramétereire. *Agrártud. közl.* 65, 35-41, 2015. ISSN: 1587-1282.
3. **Juhász, P.**, Bársony, P., Stündl, L.: A nanoszelen alkalmazása a vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus*) ivadék és lárvanevelésében. *Halászat*. 107 (1), 24-28, 2014. ISSN: 0133-1922.
4. **Juhász, P.**, Fehér, M., Csorvási, É., Bársony, P., Gálné Remenyik, J., Sztrik, A., Prokisch, J., Stündl, L.: A nanoszelen kiegészítés hatása a vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus*) termelési paramétereire és nyomelem felvételére. *Agrártud. közl.* 57, 43-48, 2014. ISSN: 1587-1282.
5. Fehér, M., Fehérné Baranyai, E., Simon, E., **Juhász, P.**, Csorvási, É., Bársony, P., Stündl, L.: Esszenciális nyomelemek alkalmazása a barramundi (*Lates calcarifer*) ivadéknevelésében. *Agrártud. közl.* 57, 33-38, 2014. ISSN: 1587-1282.
6. **Juhász, P.**, Bársony, P., Csorvási, É., Szűcs, I., Gálné Remenyik, J., Stündl, L.: Különböző zsírtartalmú tápok etetésének hatása a hibrid csíkos sügér termelési paramétereire és húsminőségére. *Agrártud. közl.* 51, 33-37, 2013. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

7. **Juhász, P.**, Lengyel, S., Udvari, Z., Nagy, S. A., Stündl, L.: Optimised selenium enrichment of *Artemia* Sp. Feed to improve red drum (*Sciaenops Ocellatus*) larvae rearing. *Acta Biol. Hung.* 68 (3), 255-266, 2017. ISSN: 0236-5383.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/018.68.2017.3.3>
IF: 0.506 (2016)





Magyar nyelvű konferencia közlemények (2)

8. Fehér, M., Fehérné Baranyai, E., Bársony, P., **Juhász, P.**, Csorvási, É., Stündl, L.: A takarmány mikroelem kiegészítésének hatása a barramundi (*Lates calcarifer*) lárva, illetve ivadék termelési paramétereire és egyöntetűségére.
In: XXXVII. Halászati Tudományos Tanácskozás, 2013. május 22-23, Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas, 17, 2013, (ISSN 0230-8312)
9. Nemes, I., **Juhász, P.**, Petes, K., Csorvási, É., Bársony, P., Stündl, L.: Intenzív halnevelő rendszerek környezetterhelésének csökkentési lehetősége akvapónia alkalmazásával.
In: XXXVII. Halászati Tudományos Tanácskozás, 2013. május 22-23, Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas, 31, 2013, (ISSN 0230-8312)

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (11)

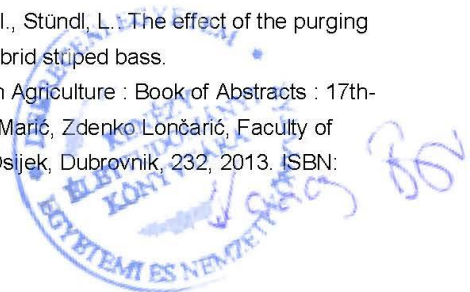
10. Csorvási, É., Fehér, M., **Juhász, P.**, Stündl, L., Bársony, P.: Bioaktív takarmány-kiegészítők hatása intenzíven nevelt pontyivadék (*Cyprinus carpio*) termelési paramétereire.
In: XXXIX. Halászati Tudományos Tanácskozás Szarvas, 2015. május 20-21.. Szerk.: Rónyai András, Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Halászati Kutatóintézet, Szarvas, 28, 2015, (ISSN 0230-8312)
11. Csorvási, É., **Juhász, P.**, Fehér, M., Stündl, L., Bársony, P.: Különböző tartástechnológiákban nevelt kétnyaras pontyok vágási paramétereinek összehasonlítása.
In: XXXIX. Halászati Tudományos Tanácskozás Szarvas, 2015. május 20-21.. Szerk.: Rónyai András, Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Halászati Kutatóintézet, Szarvas, 45, 2015, (ISSN 0230-8312)
12. **Juhász, P.**, Fehér, M., Csorvási, É., Bársony, P., Stündl, L.: Nanoszélennel dúsított artemia alkalmazása a vörös árnyékhal (*Sciaenops Ocellatus*) lárva nevelésében.
In: XXXVIII. Halászati Tudományos Tanácskozás Programfüzet : Szarvas 2014. május 28-29, Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas, 20, 2014, (ISSN 0230-8312)
13. **Juhász, P.**, Prokisch, J., Csorvási, É., Petes, K., Nemes, I., Bársony, P., Stündl, L.: A takarmány nanoszélén kiegészítésének hatása a vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus*) termelési paramétereire és testösszetételére.
In: XXXVII. Halászati Tudományos Tanácskozás : Szarvas, 2013. május 23-24, Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas, 18, 2013, (ISSN 0230-8312)
14. Petes, K., **Juhász, P.**, Nemes, I., Bársony, P., Csorvási, É., Stündl, L.: Az óriás édesvízi garnéla (*Macrobrachium rosenbergii*) termelési lehetőségei Magyarországon.
In: XXXVII. Halászati Tudományos Tanácskozás, 2013. május 22-23, Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas, 33, 2013, (ISSN 0230-8312)
15. **Juhász, P.**, Bársony, P., Stündl, L.: Intenzív, recirkulációs rendszerű haltermelő egységek bemutatása.
In: A "Debreceni fejlődés és környezet" konferencia írásos anyagainak összefoglalói : elektronikus dokumentum : Debrecen, 2013. június 25-26.. Szerk.: Balla Zoltán, DE AGTC Kerpely Kálmán Szakkollégium, Debrecen, 16, 2013. ISBN: 9786155183843



16. Fehér, M., Fehérné Baranyai, E., Bársony, P., **Juhász, P.**, Stündl, L.: A hallárvak számára élő eleséggként szolgáló *Artemia* sp. dúsítása kobalttal, cinkkel és mangánnal, mint kedvező élettani hatású mikroelemmel.
In: XXXVI. Halászati Tudományos Tanácskozás : Szarvas, 2012. május 23-24, Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas, 50, 2012, (ISSN 0230-8312)
17. Bársony, P., Fehér, M., Csorvási, É., **Juhász, P.**, Szűcs, I., Borbély, G., Stündl, L.: A kolin-klorid hatása a barramundi növekedésére.
In: XXXVI. Halászati Tudományos Tanácskozás : Szarvas, 2012. május 23-24, Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas, 42, 2012, (ISSN 0230-8312)
18. Fehér, M., Fehérné Baranyai, E., Bársony, P., **Juhász, P.**, Stündl, L.: Kobalttal, mangánnal és cinkkel, mint kedvező hatású mikroelemekkel dúsított *Artemia* etetésének hatása a barramundi (*Lates calcarifer*) lárva növekedésére és nyomelemtartalmára.
In: XXXVI. Halászati Tudományos Tanácskozás : Szarvas, 2012. május 23-24, Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas, 21, 2012, (ISSN 0230-8312)
19. Fehér, M., **Juhász, P.**, Stündl, L., Csorvási, É., Bársony, P., Szűcs, I.: Két melegigényes halfaj (afrikai harcsa, *Clarias gariepinus* és barramundi *Lates calcarifer*) termelési paramétereinek vizsgálata különböző termálvizekben.
In: XXXVI. Halászati Tudományos Tanácskozás : Szarvas, 2012. május 23-24, Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas, 49, 2012, (ISSN 0230-8312)
20. Fehér, M., **Juhász, P.**: Két melegigényes halfaj (afrikai harcsa, barramundi) termelési paramétereinek vizsgálata különböző termálvizekben.
In: Határokon átívelő tudományos és kulturális kapcsolatok-konferenciák / fel. szerk. Vári Enikő, Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Tormay Béla Szakkollégium, Debrecen, 127-129, 2012. ISBN: 9789630842105

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (2)

21. Csorvási, É., **Juhász, P.**, Fehér, M., Pinter, G., Stündl, L., Bársony, P.: The Comparison of Carcass Parameters of Table Size Common Carp (*Cyprinus Carpio*) at Different Feeding Technologies.
In: World Aquaculture Society Meetings, World Aquaculture Society, Jeju, 103, 2015.
22. **Juhász, P.**, Fehér, M., Bársony, P., Csorvási, É., Szűcs, I., Stündl, L.: The effect of the purging time on the dose and fillet yield of barramundi and hybrid striped bass.
In: 48th Croatian and 8th International Symposium on Agriculture : Book of Abstracts : 17th-22nd February 2013, Dubrovnik, Croatia. Ed.: Sonja Marić, Zdenko Lončarić, Faculty of Agriculture University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Dubrovnik, 232, 2013. ISBN: 9789537871079





További közlemények

Magyar nyelvű könyvek (2)

23. **Juhász, P.**: Az Öregtavak. Hortobágyi Halgazdaság Zrt., Hortobágy, 70, [6] p., 2012. (Halászati füzetek, ISSN 2063-773X ; 1.) ISBN: 9789630847216
24. Hoitsy, G., Juhász, L., **Juhász, P.**, Szendrei, L., Zsigrai, G.: Magyar horgászvizeken. Tóth Könyvkereskedés és Kiadó Kft, Debrecen, 128 p., 2011. ISBN: 9789635967902

Magyar nyelvű közlemények hazai folyóiratban (4)

25. Tóth, N., Gyüre, P., **Juhász, P.**, Juhász, L.: A nagy kárókatona táplálék vizsgálatának újabb eredményei a Hortobágyi Halgazdaság Zrt. halastavairól.
Agrártud. közl. 2015 (65), 75-80, 2015. ISSN: 1587-1282.
26. Csorvási, É., **Juhász, P.**, Fehér, M., Nemes, I., Stündl, L., Takácsné Hájos, M., Bársony, P.: A kísérleti akvapónia rendszer tervezésének és működtetésének gyakorlati tapasztalatai.
Agrártud. közl. 57, 27-32, 2014. ISSN: 1587-1282.
27. Tóth, N., Lupsán, R., **Juhász, P.**, Gyüre, P., Juhász, L.: A haltenyésztés termelési biztonságát veszélyeztető kárókatona (*Phalacrocorax carbo*) állományának alakulása a Hortobágyi Halgazdaság területén.
Pisces Hung. 7, 113-118, 2013. ISSN: 1789-1329.
28. Juhász, L., Kövér, L., **Juhász, P.**, Vári, E.: A dolmányos varjú (*Corvus cornix* L.) urbanizálódása Debrecenben.
Calandrella. 13, 98-105, 2010. ISSN: 0865-6665.

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (2)

29. Tóth, N., Gyüre, P., **Juhász, P.**, Juhász, L.: A Hortobágyi Halgazdaság Zrt. területéről származó nagy kárókatona halfogyasztásának elemzése.
In: XXXVIII. Halászati Tudományos Tanácskozás Programfüzet : Szarvas 2014. május 28-29, Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas, 23, 2014, (ISSN 0230-8312)
30. Tóth, N., Gyüre, P., **Juhász, P.**, Juhász, L.: Adatok a kárókatona állományviszonyairól és táplálkozásáról a hortobágyi halgazdaság zrt. Halastavain.
In: XXXVII. Halászati Tudományos Tanácskozás : Szarvas, 2013. május 23-24, Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas, 63, 2013, (ISSN 0230-8312)





Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (1)

31. Gyüre, P., Juhász, L., Tóth, N., **Juhász, P.**: Conservation of and management of bird species at the fishponds of Hortobágy (Hungary).
In: 31st IUGB Congress : Programme and abstract book, [S.n.], [Brussels], 284, 2013.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 0,506

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
0,506**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2017.11.28.

