

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**A BARRAMUNDI (*LATES CALCARIFER*, BLOCH, 1790)
ÉS A VÖRÖS ÁRNYÉKHAL (*SCIAENOPS OCELLATUS*, L.
1766) IVADÉKNEVELÉSI ÉS TAKARMÁNYOZÁSI
TECHNOLÓGIÁNAK FEJLESZTÉSE**

Fehér Milán

Témavezető: Dr. Váradí László Ph.D., Dr. Stündl László Ph.D.



DEBRECENI EGYETEM
Állattenyésztési tudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2014

TARTALOM

1. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLKITŰZÉSEI	3
2. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	5
1. Az <i>Artemia naupliusz</i> kobalttal, cinkkel és mangánnal történő dúsítása.....	5
2. A barramundi lárva etetése a nyomelemekkel dúsított <i>Artemia naupliusszal</i>	5
3. A mesterséges takarmány kobalt, cink és mangán kiegészítése	6
4. A vörös árnyékhal ivadéknevelési technológiájának kidolgozása.....	7
5. A termelési mutatók meghatározása	7
6. A minták kémiai analízise.....	8
7. Statisztikai analízis	9
3. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	10
4. AZ EREDMÉNYEK LEHETSÉGES ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI.....	16
5. IRODALOMJEGYZÉK	18
6. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN.....	19

1. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLKITŰZÉSEI

A doktori kutatásom során két, a hazai akvakultúrában újnak tekinthető halfaj, a barramundi (*Lates calcarifer*) és vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus*) lárva- és ivadéknevelési technológiáját tanulmányoztam. Az elvégzett vizsgálatokban kiemelt figyelmet fordítottam az esszenciális nyomelemek alkalmazási lehetőségeinek feltárására, mindkét halfajt illetően.

A vörös árnyékhalra és a barramundira egyaránt jellemző, hogy a víz sótartalmával szemben tág tűréssel rendelkeznek, ugyanakkor a megfelelő oldott-anyag koncentráció és összetétel biztosítása létfontosságú a termelés során, elsősorban életciklusuk kezdeti szakaszában, a lárva- és az ivadéknevelés időszakában. Hazánkban a két halfaj gazdaságos termelésének egyik alapvető tényezője az édesvízben, illetve a különböző sótartalmú termálvizekben történő nevelés, amely során azonban, a makro- és mikroelem szükségletnek a különböző korosztályok biológiai igényeihez igazodó biztosítása kiemelt jelentőségű.

Az esszenciális nyomelemek biológiai rendszerekben betöltött szerepe jól ismert, ugyanakkor a haltakarmányozás területén alkalmazásuk tekintetében viszonylag kevés információ áll rendelkezésre. A kobalt a természetesen vizekben előforduló mikroelem, amely kis mennyiségben a gerincesek számos életfolyamatában játszik nélkülözhetetlen szerepet (Watanabe et al., 1997). Részt vesz a B₁₂-vitamin szintézisében, illetve számos enzim alkotórésze (Kashiwada et al., 1970; Steffens, 1989). Habár a kobalt esszenciális a halak számára (Davis and Gatlin, 1991), a legtöbb kutatás a vízi szervezetekre gyakorolt toxikus hatásainak megállapítására helyezi a hangsúlyt, így a nyomelem takarmányozásban betöltött szerepe kevésbé ismert (Blust, 2011). Utóbbi következtében a halak kobalt felvétele, illetve a más, szintén esszenciális nyomelemekkel való kölcsönhatásait illetően kevés irodalmi adat áll rendelkezésre. A kobalttal ellentétben a cink és a mangán, amelyek szintén nélkülözhetetlenek az optimális növekedéshez, gyakran alkalmazott mikroelemek a haltakarmányozásban (Ovesen et al., 2001; Lall, 2002; Yamaguchi and Fukagawa, 2005). Mindkét nyomelem esszenciális a csontozat fejlődése szempontjából, emellett számos élettani folyamatban játszanak kiemelt szerepet (Davis and Gatlin, 1991; Watanabe et al., 1997).

A doktori értekezés célkitűzése a kobalt, a cink és a mangán alkalmazási lehetőségeinek feltárása a barramundi nevelésének korai szakaszaiban, a lárva számára nélkülözhetetlen

élő táplálékként szolgáló *Artemia naupliusz*, illetve a tápra szoktatott ivadékok esetében a mesterséges takarmány nyomelem kiegészítésén keresztül. A vörös árnyékhal szempontjából legfontosabb makro és mikroelemek élettani hatásait nem a takarmány által történő adagolás, hanem a vízből való felvétel alapján vizsgáltam.

A kutatás során első lépésben 24 órás dúsítás során vizsgáltam a frissen keltetett *Artemia naupliusz* kobalt akkumulációját, különböző dózisok alkalmazása mellett. A monoelemes nyomelem dúsítást követően elemeztem a kobalt, a mangán és a cink együttes adagolásának lehetőségeit, amely során megfigyeltem az élő táplálék nyomelem-felvételét jellemző kölcsönhatásokat is. A zooplankton kiegészítése után a beltartalmában gazdagított élő eleség etetésének termelési mutatókra gyakorolt hatásait 14 napos barramundi lárvákkal vizsgáltam. Az elvégzett kísérletek harmadik szakaszában egy kereskedelmi forgalomban kapható száraz takarmányt egészítettem ki a lárvanevelés során is alkalmazott nyomelemek különböző kombinációival. A vörös árnyékhalra nagyfokú stressz-érzékenység jellemző, ezért a szállítása során sok esetben jelentős elhullással számolhatunk. Éppen ezért a halfaj hazai nevelését megalapozó vizsgálatokban a megmaradás szempontjából létfontosságú, a víz ion-összetételével kapcsolatos tényezőket tanulmányoztam.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

1. Az *Artemia naupliusz* kobalttal, cinkkel és mangánnal történő dúsítása

A frissen kelt *Artemia* lárvát a 24 órás gazdagítási periódus (Nguyen et al., 2008) során kobalt-kloriddal, cink-szulfáttal és mangán-kloriddal dúsítottuk (CoCl_2 , ZnSO_3 , MnCl_2 AnalaR NORMAPUR, VWR). A dúsítást 4 literes hasznos térfogatú műanyag ballonokban végeztük, melyek vizét 24 óráig levegőztettük, majd szintetikus tengeri só (Sera Marin Basic, Germany) alkalmazásával 20 g/l-es só-koncentrációt alakítottunk ki. Az oxigéntelítettséget folyamatos levegőztetés mellett 100%-ra állítottuk be, az edények megvilágítása 2000 luxxal történt.

A frissen kelt *Artemia naupliuszt* első lépésben kizárólag kobalttal dúsítottuk, a zooplankton nyomelem akkumulációjának, illetve ez esetleges toxikus koncentráció meghatározása érdekében. A vizsgálat során a kontroll mellett további 3 kezelést állítottunk be, a kiegészítést kobalt-kloriddal végeztük. A kísérleti beállítások a következők voltak: a Co-50 csoportban 50 mg/l, a Co-100 csoportban 100 mg/l, míg a Co-1000 csoportban 1000 mg/l CoCl_2 -kiegészítést alkalmaztunk.

A következő kísérletben az elemkombinációban történő kiegészítésnek az élő táplálék nyomelem felvételére gyakorolt hatásait vizsgáltuk. A kontrollban nem alkalmaztunk kiegészítést. A monoelemes kezelések a következők voltak: a Co-1 csoportban 50 mg/l, míg a Co-2 csoportban 100 mg/l CoCl_2 kiegészítést alkalmaztunk. A Mn-1 csoportban 50 mg/l, míg a Mn-2 csoportban 100 mg/l MnCl_2 -dal dúsítottuk a zooplanktont. A kombinációban végzett kezelések a következők voltak: a CoMn-1 csoportban 50 mg/l CoCl_2 és 50 mg/l MnCl_2 kiegészítést alkalmaztunk, míg a CoMn-2 csoportban a koncentrációkat megdupláztuk. A CoZn-1 csoportban 50 mg/l CoCl_2 és 50 mg/l ZnSO_4 dózist adagoltunk, míg a CoZn-2 kezelés esetében a koncentrációt szintén megkettőztük. Az *Artemia naupliusz* nyomelemekkel történő dúsítása során valamennyi kezelést egyenként 3 ismétlésben állítottuk be.

2. A barramundi lárva etetése a nyomelemekkel dúsított *Artemia naupliusszal*

A 12 napos barramundi (*Lates calcarifer*) lárvák mesterséges szaporításból származtak (MADAN-Kibbutz Ma'agan Michael, Izrael), amelyeket a szállítás után, egy 48 órás akklimatizációs periódust követően helyeztünk ki a 40 l-es, egyedi belső szűrőkkel ellátott üvegakváriumokba. Az élő táplálék dúsítási protokollnak megfelelően, összesen 9 kezelést állítottunk be, 2-2 ismétléssel, egységenként 100 lárvaival (SL: $5,01 \pm 0,42$ mm;

W: $2,95 \pm 0,61$ mg). A későbbi statisztikai értékelésnek megfelelően a kísérlet beállítása véletlenszerű blokk elrendezésben történt. A víz sótartalmát szintetikus tengeri só alkalmazásával 14 ppt-re (Marin Basic, Sera), míg hőmérsékletét $28,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ -ra állítottuk be, az akváriumokban az oxigén-telítettség elérte a 100%-ot. Az akváriumokban a kísérlet során naponta 30%-os vízcsere-t hajtottunk végre. A víz hőmérsékletet, a pH-t, az összes oldott-anyag koncentrációt (Hanna HI98130), az oxigén-telítettséget (HACH HQ30d), valamint a NO_2^- , NO_3^- és NH_4^+ koncentrációt napi rendszerességgel ellenőriztük, kolorimetriás módszerrel. A lárvák etetése a dúsított *Artemia naupliusszal* napi háromszori megosztásban (08:00, 13:00 és 17:00 órakor) történt, a halak számára naponta 250-300 zooplankton kínáltunk fel, melyek mennyiségét a lárvák étvágya alapján határoztuk meg. A kísérlet során 24 órás megvilágítást (20 W) alkalmaztunk. A kísérlet időtartama 16 nap volt. Az elhullott egyedek számát naponta meghatároztuk.

3. A mesterséges takarmány kobalt, cink és mangán kiegészítése

A 8 hetes vizsgálat kezdetén az izraeli (MADAN-Kibbutz Ma'agan Michael), mesterséges szaporításból származó barramundi ivadékok nedves testtömege átlagosan $5,41 \pm 0,06$ g volt. A 600 egyed egyenlően elosztottuk a 6 kezelés között (Co-50, Mn-50, Zn-50, CoMn-50, CoZn-50 és kontroll). Minden kezelést 2-2 ismétlést hajtottunk végre, a statisztikai értékelésnek megfelelően a kísérlet beállítása véletlenszerű blokk elrendezésben történt. Az ivadékokat 70 literes műanyag körmedencékbe helyeztük (50 ivadék/medence), amelyek egy önálló, levegőztetett biofilterrel és UV-lámpával felszerelt, édesvízű recirkulációs rendszer részeit képezték. Az egységekben a folyamatos levegőztetést levegőztető kövek segítségével hajtottuk végre, a medencékben az oxigéntelítettség $89 \pm 0,9\%$ volt. A víz hőmérsékletet a recirkulációs rendszer puffer tartályában elhelyezett elektromos fűtőkkel temperáltuk ($25,56 \pm 0,7^\circ\text{C}$). A kísérlet során 12 órás megvilágítást alkalmaztunk. A víz hőmérsékletet, a pH-t, az összes oldott-anyag koncentrációt (Hanna HI98130), az oxigén-telítettséget (HACH HQ30d), valamint a NO_2^- , NO_3^- és NH_4^+ koncentrációt napi rendszerességgel ellenőriztük (Aquamerck Compact Laboratory, MERCK). A vizsgálat során az ivadékokat kézzel etettük, napi háromszori megosztásban (08.00, 12.00 és 16.00), a napi takarmányadagokat a biomassa 2,5%-ában határoztuk meg, és a tömegmérések adatai alapján, hetente korrigáltuk.

A kísérlet során egy kereskedelmi forgalomban kapható, ivadéknevelő tápot egészítettünk ki kobalt-kloriddal, cink-szulfáttal és mangán-kloriddal (CoCl_2 , ZnSO_3 , MnCl_2 AnalAR NORMAPUR, VWR). A kontroll takarmányban nem alkalmaztunk nyomelem-pótlást. A

Co-50, a Mn-50 és a Zn-50 kísérleti tápok esetében 50-50 mg/kg CoCl₂-t, MnCl₂-t, illetve ZnSO₄-ot adtunk a masszához. A kombinációban végzett mikroelem kiegészítések a következők voltak: CoMn-50 kísérleti táp, ahol 50-50 mg/kg CoCl₂ és MnCl₂, illetve a CoZn-50 kísérleti táp, ahol szintén 50-50 mg/kg CoCl₂ és ZnSO₄ dúsítást alkalmaztunk. A takarmányokat a nyomelemek bekeverését követően, 10% víz hozzáadása mellett, pelletáló berendezés segítségével granuláltuk, 1,5 mm átmérőjű matrica alkalmazásával. A megformázott szemcséket levegőn szárítottuk, majd a felhasználásig 4°C-on tároltuk. A táp elemösszetételének meghatározása analitikai mérés alapján történt.

4. A vörös árnyékhal ivadéknevelési technológiájának kidolgozása

Az Izraelből (Ma'agan Michael Fish Farm), mesterséges szaporításból származó vörös árnyékhal ivadékokat 40 literes üvegakváriumokba helyeztük. Az akváriumokban a víz sótartalmát 5 g/l-re állítottuk be, szintetikus tengeri só segítségével (BlueTreasure, Qingdao Sea-Salt Aquarium Technology Co.). A kísérlet során 100%-os oxigéntelítettséget alakítottunk ki, a víz hőmérsékletét 24°C-on tartottuk. A vízhőmérsékletet, a pH-t, az összes oldott-anyag koncentrációt (Hanna HI98130), az oxigéntelítettséget (HACH HQ30d), valamint a NO₂⁻, NO₃⁻ és NH₄⁺ koncentrációt napi rendszerességgel, kolorimetriás módszerrel ellenőriztük. A legfontosabb kationok mennyiségi és minőségi meghatározása érdekében az akváriumokból vízmintát vettünk, amelyet elemanalízisnek vetettünk alá. A vörös árnyékhal ivadékokat 2 héttel az érkezésüket követően fokozatosan áthelyeztük egy 70 l-es egységekből álló, összesen 1,7 m³ hasznos víztérfogattal rendelkező recirkulációs rendszerbe. A rendszer sótartalmát szintén 5 ppt-re állítottuk be. A kísérlet végén meghatároztuk az ivadékok növekedési ütemét és takarmányértékesítését.

5. A termelési mutatók meghatározása

Az etetési kísérlet során a barramundi lárvák megmaradási százalékát a következő képlet szerint határoztuk meg: (élő egyedek száma / kihelyezési darabszám) * 100

A lárvanevelési kísérlet végén az élő egyedeket megszámláltuk, majd a kannibalizmus mértékét a következő formula alapján határoztuk meg: (a hiányzó egyedek száma – észlelt elhullások száma) / kihelyezési darabszám * 100 (Arockiaraj-Appelbaum, 2011).

$K = W/L^3 \times 100$, ahol W: nedves testtömeg (g), L: standard testhossz (mm)

$SGR (\%) = (\ln W_f - \ln W_i) / t \times 100$, ahol: W_f : végső testtömeg (g), W_i : kezdő testtömeg (g), t: napok száma

$WG (\%) = (W_f - W_i) / W_i \times 100$, ahol: W_f : a végső testtömeg (g), W_i : a kezdő testtömeg (g)

$FCR (g/g) = F / (W_f - W_i) (g/g)$, ahol: F: a kísérlet során elfogyasztott takarmány mennyisége szárazanyagban (g), W_f : végső testtömeg (g), W_i : kezdő testtömeg (g)

6. A minták kémiai analízise

A 24 órás dúsítási periódust követően a nedvességtartalom és az elemkoncentráció meghatározása érdekében az *Artemia*-t 150 μ m-os planktonhálón átszűrtük, majd desztillált vízzel átmostuk. A mintákat centrifugáltuk, majd a felúszó anyagokat eltávolítottuk. A nedvességtartalom meghatározása gravimetriás módszerrel, 105°C-on történt. A nyomelem-analízis érdekében a mintákat elektromos főzőlapon, salétromsavas nedves roncsolásnak vetettük alá (2 ml 68 % (m/m) HNO_3 és 0.2 ml 30 % (m/m) H_2O_2), majd az atmoszférikus feltárást követően műanyag csövekbe helyeztük, melyeket 0,1 M HNO_3 -val 10 ml-re töltöttünk fel. A hígított mintákból a Co, a Zn és a Mn koncentráció meghatározása atom abszorpciós spektrometriával történt (AAS, Varian spectra).

Az etetési kísérletek lezárását követően összesen 360 barramundi lárvát (40 lárva/kezelés), illetve 96 ivadékot (16/kezelés) mintáztunk meg, melyeket 24 órás éhezésnek vetettünk alá, a gyomortartalom kiürülése érdekében. A lárvák egyedi testtömegét analitikai mérlegen (Precisa 240A) mértük. Az egyedi testhossz meghatározása digitális kamerával (Olympus SZ51) ellátott sztereomikroszkóppal történt, a testhossz kalibrációt milliméter pontosan beosztott tárgylemez, míg a felvételek kiértékelését a WinImag 1.0 program segítségével végeztük.

A mintákat lefagyasztottuk (-30°C), majd a kémiai analízist megelőzően szobahőmérsékleten felolvasztottuk, desztillált vízzel lemostuk és 50 ml-es Erlenmeyer lombikokba helyeztük. A lárvák nedvességtartalmának meghatározása gravimetriás módszerrel történt, 105°C-on. Az ivadékok nedvességtartamát a liofilizálást követően mértük. A mintákat elektromos főzőlapon, atmoszférikusan roncsoltuk (5 ml 68% (m/m) HNO_3 és 0,2 ml 30 % (m/m) H_2O_2 , VWR International), majd műanyag csövekbe helyeztük és 0,1 M HNO_3 -val 10 ml-re hígítottuk. A Zn-tartalom meghatározása FAAS, a Co- és a Mn-koncentráció mérése grafitkemencés atomabszorpciós módszerrel

(GFAAS), míg az egyéb makro- és mikroelemek koncentrációjának mérése mikrohullámú plazma atomemissziós spektrometriával (MP-AES 4100, Agilent Technologies) történt.

7. Statisztikai analízis

A statisztikai vizsgálatokat SPSS/PC+ és Canoco for Windows programcsomagokkal végeztük. A kezelések Gauss-féle populáció eloszlási görbáját az OriginPro 8.6. program segítségével határoztuk meg és ábráztuk, Arockiaraj és Appelbaum (2011) munkája alapján. A homogenitás vizsgálata Levene-teszttel történt ($P < 0,05$). Az *Artemia* minták nedvességtartalmát, illetve Co, Zn és Mn koncentrációját egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) hasonlítottuk össze. A kezelések és az ismétlések, illetve ezek interakciójának hatását a lárvák termelési mutatóira (testtömeg, testhossz, K-faktor, növekedési ütem) és összetételére (nedvességtartalom, Co, Zn és Mn tartalom), valamint az ivadékok termelési paramétereire (testtömeg, tömeg-gyarapodás, növekedési ütem, takarmányértékesítés) és nyomelem koncentrációjára kétutas, blokkos elrendezésű (GLM two-fold nested design) varianciaanalízissel (ANOVA) határoztuk meg. A szignifikáns különbségek megállapítása: Tukey-teszttel történt ($P < 0,05$). Az *Artemia* és barramundi minták Co-, Mn- és Zn-tartalma közötti összefüggéseket Redundancia-analízissel (RDA) vizsgáltuk.

3. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Az *Artemia* lárva kobalt kiegészítését célzó kísérletek alapján megállapítottam, hogy a hallárvák nevelése során széles körben alkalmazott, egyben nélkülözhetetlen, frissen keltett élő táplálék a 24 órás dúsítás során nagy mennyiségben képes akkumulálni az esszenciális nyomelemet. A közvetlen, analitikai tisztaságú kobalt-kloriddal végzett gazdagítás által a zooplankton az alkalmazott fémsó koncentrációjával párhuzamosan, nagy hatékonysággal akkumulálta a mikro elemet (**1. táblázat**) és még az igen magasnak tekinthető, 1000 mg/l-es dózis sem bizonyult toxikusnak a vízi szervezet számára. Az élő táplálékszervezetek kobalttal történő dúsítási lehetőségeit és felvételét illetően mindeztidáig nem álltak rendelkezésre szakirodalmi források.

1. táblázat Az *Artemia naupliusz* mintákban mért Co-koncentrációk a monoelemes kezelés hatására (átlagok \pm szórás, n=3)

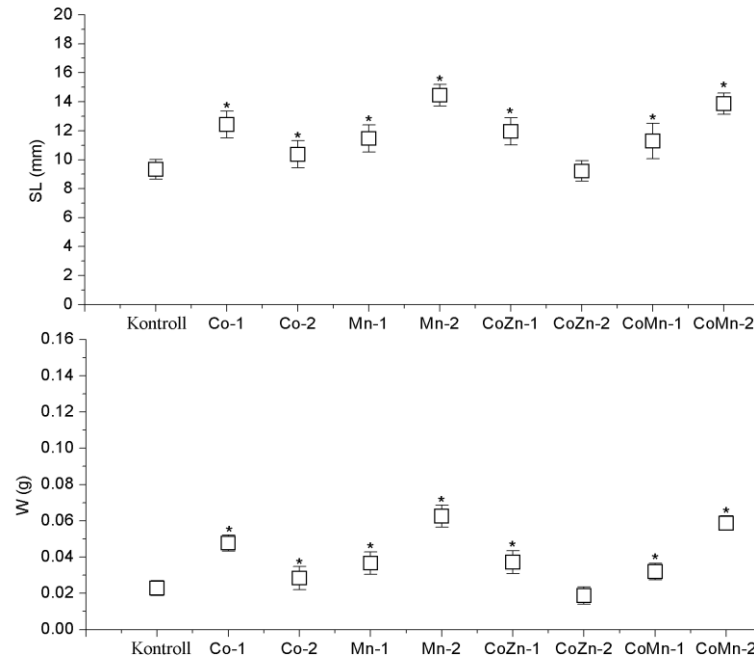
Kezelés	Co (mg/g)
Kontroll	0,0000 \pm 0,0000 ^a
Co-50	0,0694 \pm 0,0006 ^b
Co-100	0,2006 \pm 0,0004 ^c
Co-1000	2,6700 \pm 0,0018 ^d

2. A frissen keltetett *Artemia naupliusz* kobalttal, cinkkel és mangánnal, különböző dózisokban és kombinációkban végzett dúsításának eredményei alapján megállapítottam, hogy a zooplankton a 24 órás dúsítási periódus során valamennyi alkalmazott, esszenciális nyomelemet képes hatékonyan akkumulálni (**2. táblázat**). Kijelenthető, hogy az analitikai tisztaságú kobalt-klorid, cink-szulfát és mangán-klorid fémsók megfelelőek az *Artemia naupliusz* beltartalmának javítása szempontjából. Az élő táplálékszervezet mikro elem felvétele során keresztthatások nem érvényesültek.

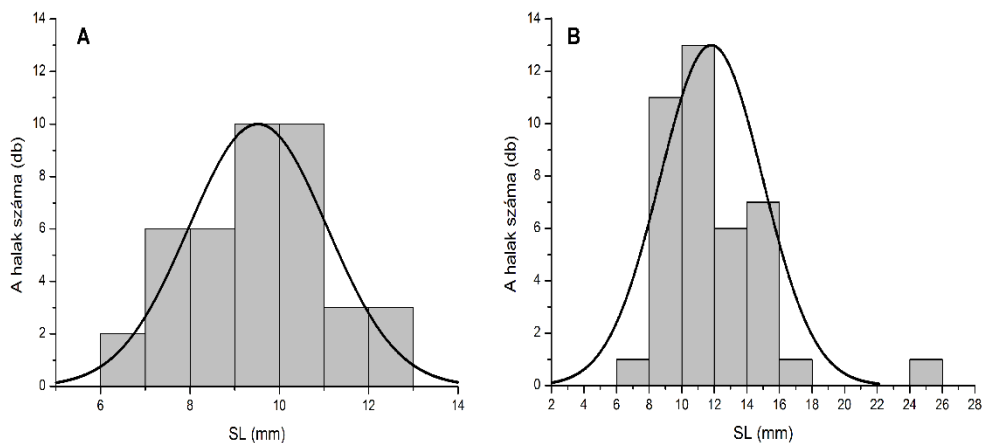
6. táblázat: Az *Artemia naupliusz* nyomelem-felvétele a kombinációban végzett Co, Zn és Mn kiegészítés során (átlagok \pm szórás, n=3)

Kezelés	Nedvességtartalom (%)	Co (mg/g)	Mn (mg/g)	Zn (mg/g)
Kontroll	95.4 \pm 0.7 ^b	0.01 \pm 0.0 ^a	0.02 \pm 0.0 ^a	0.09 \pm 0.0 ^b
Co-1	94.7 \pm 0.5 ^{ab}	0.64 \pm 0.04 ^d	0.02 \pm 0.0 ^a	0.16 \pm 0.0 ^c
Co-2	94.2 \pm 0.2 ^a	5.26 \pm 0.07 ^e	0.02 \pm 0.0 ^a	0.23 \pm 0.01 ^d
Mn-1	93.8 \pm 0.3 ^a	0.04 \pm 0.0 ^a	0.32 \pm 0.0 ^c	0.34 \pm 0.01 ^e
Mn-2	95.7 \pm 0.4 ^b	0.02 \pm 0.0 ^a	1.58 \pm 0.01 ^d	0.02 \pm 0.00 ^a
CoZn-1	95.8 \pm 0.4 ^b	0.24 \pm 0.05 ^b	0.02 \pm 0.0 ^a	3.46 \pm 0.12 ^f
CoZn-2	94.7 \pm 0.3 ^{ab}	0.48 \pm 0.07 ^c	0.01 \pm 0.0 ^a	5.43 \pm 0.11 ^g
CoMn-1	95.0 \pm 0.4 ^{ab}	0.36 \pm 0.06 ^{bc}	0.22 \pm 0.0 ^b	0.25 \pm 0.01 ^d
CoMn-2	94.7 \pm 0.4 ^{ab}	6.51 \pm 0.09 ^f	3.35 \pm 0.02 ^e	0.12 \pm 0.01 ^{bc}

3. A barramundi lárvák nyomelemekkel gazdagított *Artemia* lárvával történő etetése során megállapítottam, hogy valamennyi, általam alkalmazott mikro elem dózis és kombináció kedvezőbb növekedési mutatókat eredményezett a kontroll kezeléshez viszonyítva (**1. ábra**).



1. ábra: A lárvák testhossza (SL) és testtömege (W). A kezelés ismétléseinek átlaga \pm szórás, 20 lárva/ismétlés

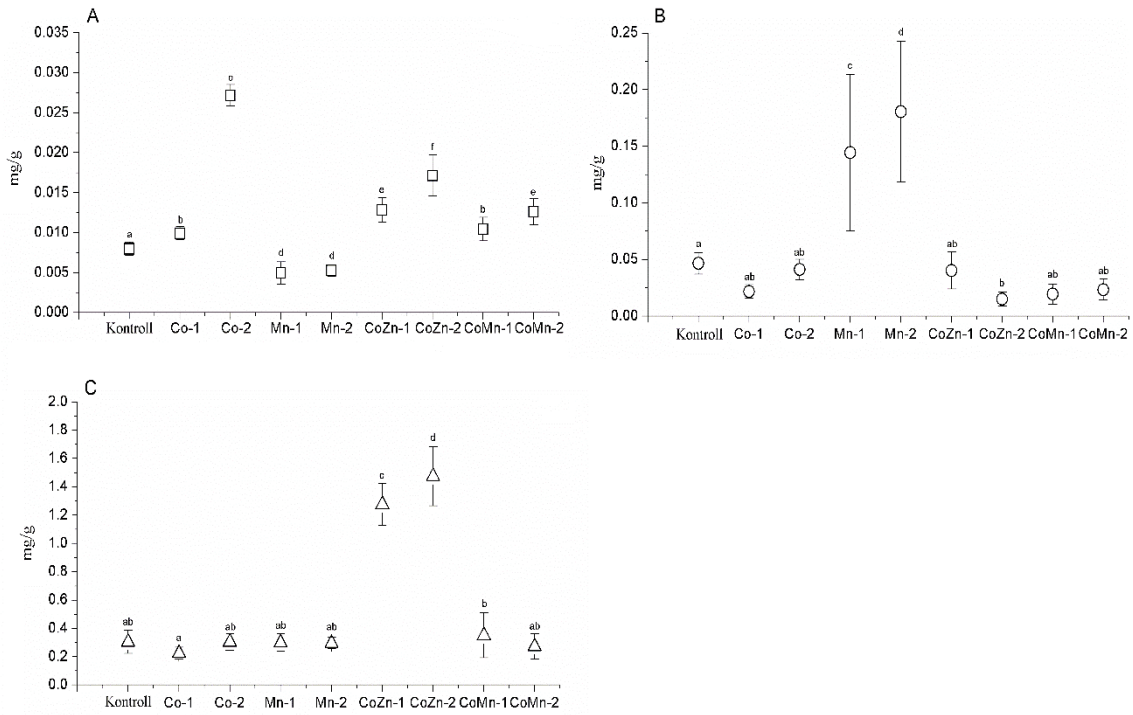


2. ábra: A kontroll (A) és a CoMn-1 (B) csoportok Gauss-féle populáció eloszlása

A lárwanevelési kísérlet eredményei alapján ugyanakkor kijelenthető, hogy a kobalt és a mangán együttes adagolása jelentős szétnövést eredményezett az állományban (**2. ábra**),

amely az egyedek közötti kannibalizmus erősítésén keresztül, alacsonyabb megmaradáshoz vezetett.

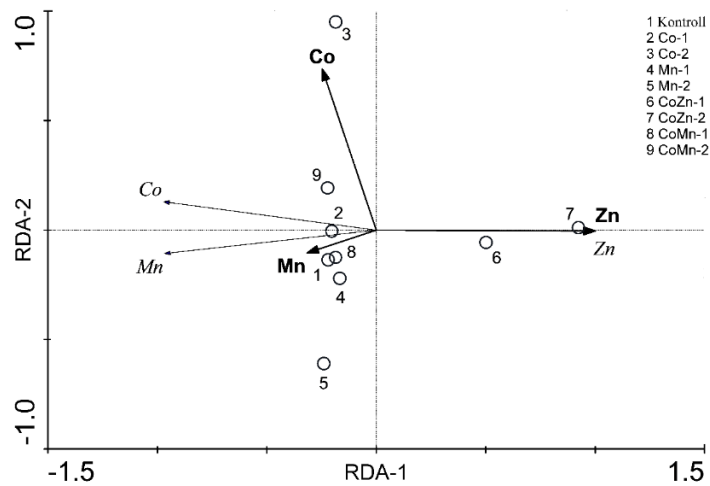
A beltartalmában gazdagított *Artemia naupliusz* etetése szignifikánsan befolyásolta a barramundi lárvák nyomelem koncentrációját (**3. ábra**).



3. ábra: A barramundi lárvák Co (A), Mn (B) és Zn (C) koncentrációja. A kezelés ismétléseinek átlaga \pm szórás, 20 lárva/ismétlés

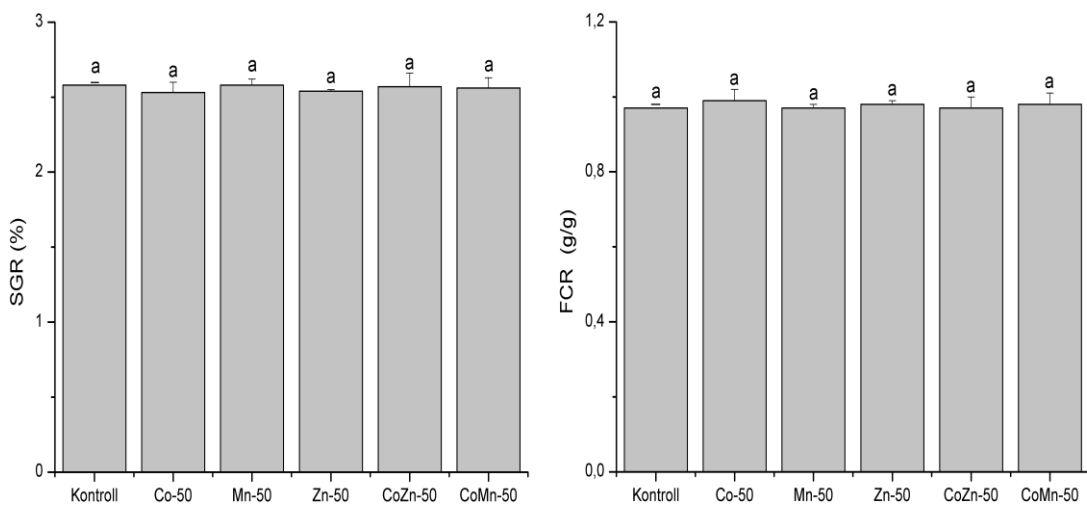
A Redundancia analízis határozott összefüggést mutatott az *Artemia* és a halminták kobalt és mangán koncentrációja között, valamint teljes egyezés állapítható meg a zooplankton és a lárvák cink tartalmát illetően (**4. ábra**).

4. A barramundi lárvákkal végzett etetési kísérlet eredményeinek alapján a munkám során megállapítottam, hogy a beltartalmában gazdagított *Artemia* lárvát fogyasztó hallárvák kobalt és mangán felvétele között kompetitív jellegű, antagonisztikus kölcsönhatás feltételezhető. A két nyomelem együttes adagolása során a kezelt állományokban kialakult jelentős kannibalizmus és alacsony megmaradás részben ennek a kapcsolatnak tulajdonítható. Az említett jelenség másik kiváltó oka, feltételezésem szerint, a nyomelem kombináció alkalmazásának következményeként az élő táplálék mozgásképességének csökkenése, amely negatívan befolyásolta a zsákmányállatok hozzáférhetőségét a zsenge lárva számára.

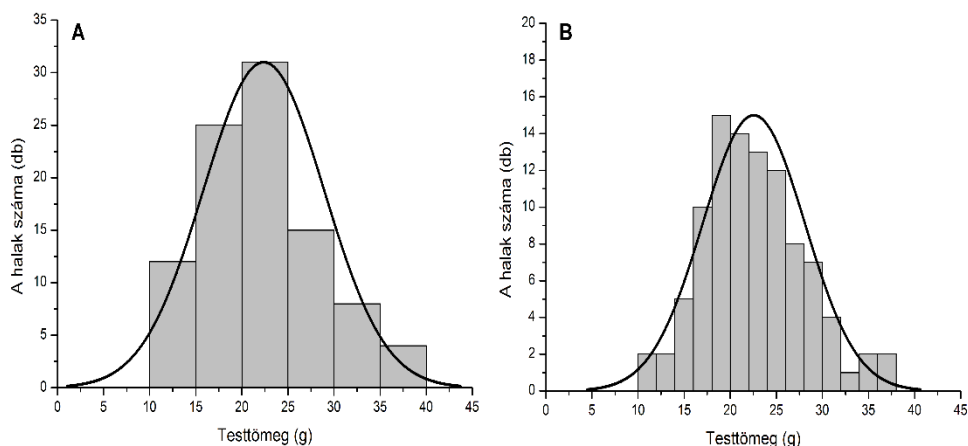


4. ábra: A redundancia-analízis eredménye az *Artemia* és a barramundi lárvák nyomelem-tartalma tekintetében

5. Kutatásom során megállapítottam, hogy a mesterséges takarmány nyomelem kiegészítése, a lárvanevelés során sikerrel alkalmazott kobalt, cink és mangán esetében, nem befolyásolja a barramundi ivadékok legfontosabb termelési mutatóit (**5. ábra**), illetve az állomány egyöntetűségére sincs hatással (**6. ábra**).

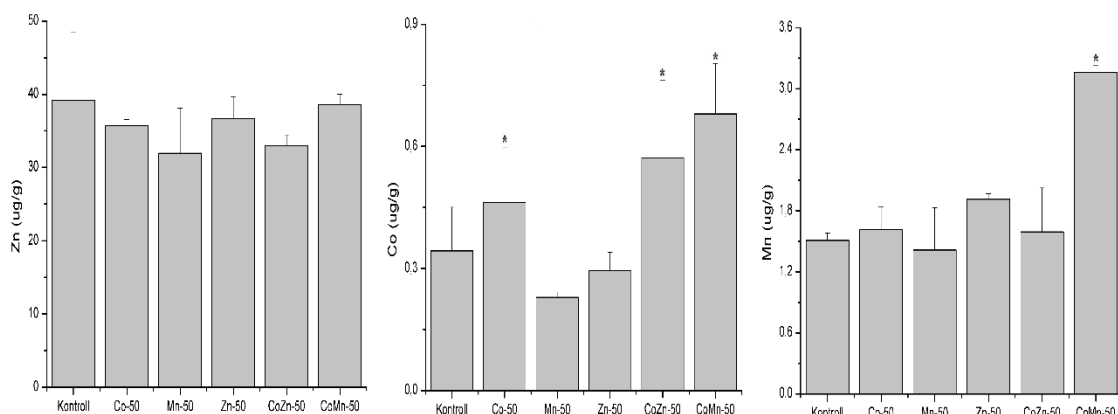


5. ábra: Az ivadékok növekedési üteme (SGR) és takarmányértékesítése (FCR). . A kezelés ismétléseinek átlaga \pm szórás, 50 ivadék/ismétlés



6. ábra: A kontroll (A), illetve a CoMn-50 (B) kezelések Gauss-féle populáció eloszlási görbéje

Az eredmények alapján kijelenthető, hogy az általunk kontrollként felhasznált, kereskedelmi forgalomban kapható táp $90,99 \pm 4,22$ mg/kg-os cink tartalma önmagában fedezi a halfaj ezen korosztályának nyomelem szükségletét, mivel a többlet kiegészítés hatására sem a termelési paraméterek, sem az elem felvétel tekintetében nem mutatkozott eltérés a kontrollhoz viszonyítva. Bár az ivadékok növekedése, megmaradása és takarmányértékesítése a kobalt és a mangán dúsítás hatására sem változott, a két nyomelem halakban mért, a kontrollhoz képest megnövekedett koncentrációja alapján (7. ábra) az a következtetés vonható le, hogy a halfaj szükségletei magasabbak a kontroll tápban megállapított értékeknél.



7. ábra: Az ivadékok Co, Zn és Mn felvétele. A kezelés ismétléseinek átlaga \pm szórás, 8 ivadék/ismétlés

6. A vörös árnyékhalal végzett kutatásaim eredményei alapján megállapítottam, hogy a szállításkor fellépő stressz-hatás, illetve az azt követő néhány napban sok esetben tapasztalt magas elhullás a víz ion-összetételének manipulációjával mérsékelhető. Az analitikai tisztaságú magnézium-kloriddal végzett magnézium-kiegészítés hatékony eszköz a vörös árnyékhal ivadékok számára optimális kalcium-magnézium arány beállítása céljából, amennyiben a víz megfelelő keménységgel rendelkezik. Az adatok azt mutatták, hogy a beavatkozás nemcsak a további elhullásokat állítja meg, hanem a $MgCl_2$ alkalmazásával rövid időn belül az ozmotikus stressz következményeként elbódult egyedek általános állapotában is javulás érhető el. A vizsgálatok során nyert eredmények, illetve a bemutatott technológiai terv megalapozhatja a vörös árnyékhal hazai haltermelésben történő meghonosítását.

4. AZ EREDMÉNYEK LEHETSÉGES ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI

A barramundi (*Lates calcarifer*) és a vörös árnyékhal (*Sciaenops ocellatus*) tág só-tűrésű, melegvízi ragadozó halfajok, amelyek Dél-kelet Ázsiában, illetve a Mexikói-öböl partvidékén őshonosak. Habár mindkét halfaj újnak tekinthető a hazai akvakultúrában, geotermikus adottságainknak köszönhetően Magyarországon is sikerrel nevelhetők. A doktori értekezés a barramundi és a vörös árnyékhal lárva- és ivadéknevelési technológiájára, illetve takarmányozására vonatkozó eredményei hasznos információkat szolgáltatnak a két halfaj hazai haltermelésben történő meghonosítását illetően.

Az élő táplálékszervezetek, köztük az *Artemia naupliusz* nélkülözhetetlen szerepet játszanak a különböző tengeri halfajok lárvenevelésében. A természetes környezetben előforduló zooplankton ugyanakkor jóval magasabb nyomelem tartalommal rendelkezik, mint az általánosan alkalmazott, frissen keltetett *Artemia*. A kutatás egyik célkitűzése a nyomelemek barramundi lárvák növekedésére gyakorolt hatásainak vizsgálata volt, az élő táplálék kobalt, cink és mangán kiegészítésén keresztül. Az eredmények azt mutatták, hogy a mikro elemekkel dúsított zooplankton etetése kedvezően befolyásolta a lárvák termelési mutatóit. Mivel valamennyi alkalmazott nyomelem esszenciális a halak számára, kijelenthető, hogy az elért eredmények hozzájárulnak a lárvakori takarmányozás fejlesztéséhez.

A különböző nyomelemek növekedésre és általános egészségügyi állapotra gyakorolt kedvező hatásai ismertek az ivadéknevelésben, mivel a megfelelő beltartalmú mesterséges takarmányok alkalmazása létfontosságú a tengeri halfajok korai életszakaszaiban. Ugyanakkor a barramundi kobalt, cink és a mangán szükségletét, valamint a száraz tápok említett nyomelemekkel történő kiegészítésének növekedésre gyakorolt hatásait illetően kevés irodalmi adat áll rendelkezésre. Habár a dúsítás nem befolyásolta az ivadékok legfontosabb termelési mutatóit, a halak kobalt és mangán tartalma szignifikánsan nőtt a takarmány kiegészítés eredményeként. Az értekezésben megfogalmazott következtetések megalapozhatják a további, barramundi ivadékok kobalt és mangán szükségletének meghatározását célzó kutatásokat.

A vörös árnyékhal alacsony stressz-tűréssel rendelkezik, így szállítása során, valamint közvetlenül azt követően, jelentős elhullással számolhatunk. A kutatásaim során a víz ionösszetételének vizsgálatakor azon összetevőkre helyeztem a hangsúlyt, amelyek kiemelt szerepet játszanak az ivadékok megmaradásában. Az elért eredmények azt

mutatták, hogy az ozmotikus stressz eredményeként fellépő elhullás mértéke a víz magnézium-kloriddal történő kiegészítésével, ezáltal a kalcium-magnézium arány optimalizálásával jelentősen csökkenthető. A víz megfelelő ionösszetételével, valamint a vörös árnyékhal ivadékok növekedésével és takarmányértékesítésével kapcsolatos következtetések alapján összeállításra került az a technológiai leírás, amely fontos információkat szolgáltat a halfaj hazai akvakultúrába történő bevezetését illetően.

5. IRODALOMJEGYZÉK

- Arockiaraj, A.J. - Appelbaum, S.:* 2011. Sibling cannibalism in juvenile barramundi, *Lates calcarifer* (Actinopterygii: Perciformes: Centropomidae), reared under different light conditions. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 41, 7-11.
- Blust, R.:* 2011. Cobalt. Homeostasis and Toxicology of Essential Metals, *Fish Physiology*, 31. A, 291-326.
- Davies, D.A. - Gatlin, D.M.:* 1991. Dietary mineral requirements of fish and shrimp. D.M.Akiyama & R.Tan (Eds) *Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, Thailand and Indonesia, 19-25 September*, American Soybean Association, Singapore, 171, 49-67
- Kashiwada, K. - Teshima, S. - Kanazawa, A.:* 1970. Studies on the production of B vitamins by intestinal bacteria of fish-V. Evidence of the production of vitamin B₁₂ by microorganisms in the intestinal canal of carp *Cyprinus carpio*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 36, 421-424.
- Lall, S.P.:* 2002. The minerals. In J.E. Halver, R.W. Hardy (Eds.), *Fish Nutrition*, Academic Press, San Diego. 260–301
- Ovesen, J. - Møller-Madsen, B. - Thomsen, J.S. - Danscher, G. - Mosekilde, L.:* 2001. The positive effects of zinc on skeletal strength in growing rats. *Bone*, 29, 565–570.
- Steffens, W.:* 1989. *Principles of Fish Nutrition*, Ellis Horwood, Chichester, 384 pp.
- Watanabe, T. - Kiron, V. - Satoh, S.:* 1997. Trace minerals in fish nutrition. *Aquaculture* 151, 185-207.
- Yamaguchi, M. - Fukagawa, M.:* 2005. Role of zinc in regulation of protein tyrosine phosphatase activity in osteoblastic MC3T3-E1 cells: zinc modulation of insulin-like growth factor-I's effect. *Calcif. Tissue Int.* 76, 32–38.

6. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN

Tudományos közlemény idegen nyelvű, külföldi, lektorált folyóiratban:

1. **Fehér, M.** - Baranyai, E. - Simon, E. - Bársony, P. - Szűcs, I. - Posta, J. – Stündl, L.: 2013. The interactive effect of cobalt in Artemia on the survival and larval growth of barramundi, *Lates calcarifer*. *Aquaculture* 414-415, 92-99. IF: 2.041

Tudományos közlemény magyar nyelvű, lektorált folyóiratban:

1. **Fehér, M.** – Baranyai, E. – Simon, E. – Juhász, P. – Csorvási, É. - Bársony P. – Stündl, L.: 2014. Esszenciális nyomelemek alkalmazása a barramundi (*Lates calcarifer*) ivadéknevelésében. *Acta Agraria Debreceniensis* 57. 33-39.
2. **Fehér, M.** – Baranyai, E. - Bársony P. - Simon E. - Posta, J. – Stündl, L.: 2013. A kobalt-klorid hatása a barramundi lárva (*Lates calcarifer*) termelési paramétereire és egyöntetűségére. *Acta Agraria Debreceniensis* 51. 21-25.
3. **Fehér, M.** - Bársony, P. - Baranyai, E. - Posta, J. – Stündl, L.: 2012. Kedvező biológiai hatású mikroelemekkel dúsított Artemia alkalmazása a barramundi (*Lates calcarifer*) lárvanevelésében. *Acta Agraria Debreceniensis* 48. 11-16.
4. **Fehér, M.** – Stündl, L. – Szűcs, I. – Borbély, Gy. – Bársony, P.: 2011. A barramundi (*Lates calcarifer*) mint új halfaj a hazai akvakultúrában. *Pisces Hungarici* 5. pp. 95-98. HU ISSN1789-1329
5. 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 pp.

Idegen nyelvű absztrakt:

6. Stündl, L. - **Fehér, M.** – Juhász, P. - Bársony, P.: 2013. Use of essential trace elements in the early life stages of barramundi (*Lates calcarifer*): Effects on the growth performance and homogeneity of fish. *Asian-Pacific Aquaculture 2013*. Ho Chi Minh City, Vietnam. December 10 – 13.
7. **Fehér, M.** - Baranyai, E. - Simon, E. - Szűcs, I. - Bársony, P. - Posta, J. – Stündl, L.: 2013. Trace element enrichment of living nourishment aquatic organisms and

determination of their uptake by atomic absorption spectrometry. Colloquium Spectroscopicum Internationale XXXVIII, 16-20. june 2013, Tromso, Norway

8. **Fehér, M.** - Baranyai, E. - Simon, E. - Szűcs, I. - Bársony, P. - Posta, J. – Stündl, L.: 2013. Determination of the elemental concentration of barramundi (*Lates calcarifer*) larvae fed by trace element enriched *Artemia* nauplii by atomic absorption spectrometry. Colloquium Analytische Atomspektroskopie 2013, 17-20. March 2013, Freiberg, Germany
9. **Fehér, M.** - Baranyai, E. - Szűcs, I. - Bársony, P. - Posta, J. - Stündl, L.: 2012. Determination the elemental uptake of barramundi (*Lates calcarifer*) larvae fed by Co, Zn and Mn enriched *Artemia* nauplii using atomic absorption spectrometry. European Symposium on Spectrometry 2012, Tatranska Lomnica, oct. 7-12.
10. **Fehér, M.** - Baranyai, E. - Szűcs, I. - Bársony, P. - Posta, J. - Stündl, L.: 2012. The effect of cobalt on the larval growth of barramundi, *Lates calcarifer*, when fed individually and combined with zinc and manganese supplemented *Artemia*. AQUA 2012, Global Aquaculture – Securing Our Future, Prague, sept. 1-7.

Magyar nyelvű absztrakt:

11. **Fehér, M.:** 2013. A barramundi (*Lates calcarifer*) ivadéknevelési és takarmányozási technológiájának fejlesztése. I. Halászati Felsőoktatási Workshop, Akasztó, május 8-9.
12. **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, május 22-23.
13. **Fehér, M.** - Baranyai, E. – Bársony, P. - Juhász, P. – Stündl, L.: 2012. A hallárvák számára élő eleséggként szolgáló *Artemia* sp. dúsítása kobalttal, cinkkel és mangánnal, mint kedvező élettani hatású mikroelemekkel. XXXVI. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2012. május 23-24.
14. **Fehér, M.** - Baranyai, E. – Bársony, P. - Juhász, P. – Stündl, L.: 2012. Kobalttal, mangánnal és cinkkel, mint kedvező hatású mikroelemekkel dúsított *Artemia* etetésének hatása a barramundi (*Lates calcarifer*) lárva növekedésére és

nyomelem tartalmára, XXXVI. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2012. május 23-24.

15. *Bársony, P. - Fehér, M. - Csorvási, É. - Juhász, P. - Szűcs, I. - Borbély, Gy. – Stündl, L.:* 2012. A kolin-klorid hatása a barramundi növekedésére XXXVI. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2012. május 23-24.
16. *Fehér, M. - Bársony, P. - Baranyai, E. - Posta, J. – Stündl, L.:* 2012. Kedvező biológiai hatású mikroelemekkel dúsított *Artemia* alkalmazása a barramundi (*Lates calcarifer*) lárvanevelésében. A jövő tudósai, a vidék jövője: Doktoranduszok Konferenciája, Debrecen, 2011. november 24.
17. *Fehér, M. – Stündl, L. – Csorvási, É. – Bársony, P.:* 2011. A takarmány C-vitamin kiegészítésének hatása különböző korosztályú barramundi (*Lates calcarifer*) ivadékok termelési paramétereire. XXXV. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2011
18. *Fehér, M. – Stündl, L. – Szűcs, I. – Borbély, Gy. – Bársony, P.:* 2011. A barramundi (*Lates calcarifer*) mint új halfaj a hazai. IV. Magyar Haltani Konferencia, Debrecen, 2011
19. *Bársony, P. - Fehér, M. – Csorvási, É. – Szűcs, I. – Borbély, Gy. – Stündl, L.:* 2011. A halhús mellékíz-mentesítés (purging) időtartamának hatása a barramundi adaghal és filékihozatalára. XXXV. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2011