

Esszenciális nyomelemek alkalmazása a barramundi (*Lates calcarifer*) ivadéknevelésében

Fehér Milán¹ – Baranyai Edina² – Simon Edina³ – Juhász Péter¹ – Csorvási Éva¹ – Bársony Péter¹ – Stündl László¹

Debreceni Egyetem

¹Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Állattudományi, Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézet, Debrecen

²Természetudományi és Technológiai Kar, Kémiai Intézet, Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék, Agilent Atomspektroszkópiai Partner Laboratórium, Debrecen

³Természetudományi és Technológiai Kar, Ökológiai Tanszék, Debrecen
feherm@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A barramundi (*Lates calcarifer* L.) egy Dél-Kelet Ázsiában és Ausztráliában őshonos, melegvízi, ragadozó halfaj, amely geotermikus adottságainak köszönhetően Magyarországon is sikerrel nevelhető. A halfaj lárvanevelése során a különböző nyomelemek, mint a kobalt, a cink és a mangán alkalmazásának kiemelt jelentősége van. A természetben előforduló táplálékszervezetek ásványianyag-tartalma ugyanis nagymértékben különbözik a nevelés során etetett élőlések nyomelem-összetételétől. Habár a kobalt esszenciális a halak számára, a takarmányozásban betöltött szerepe kevésbé vizsgált. Ugyanakkor a takarmány Co-kiegészítése nemcsak lárvakorban, hanem a nevelés későbbi szakaszaiban, a száraz tápok dúsítása által is kedvezően befolyásolja a termelési mutatókat. A Zn és a Mn, amelyek szintén nélkülözhetetlenek az optimális növekedés szempontjából, gyakran alkalmazott mikroelemek a haltermelésben.

A 8 hetes kísérletünk során arra kerestük a választ, hogy a száraz táp különböző kombinációkban történő nyomelem-kiegészítése hogyan befolyásolja a barramundi ivadékok termelési paramétereit és egyöntetűségét. Ennek érdekében a kontroll mellett 5 kezelést állítottunk be, a takarmányt különállóan 50 mg/kg CoCl₂-dal (Co-50), ZnSO₄-tal (Zn-50) és MnCl₂-dal (Mn-50), valamint kombinációban 50–50 mg/kg CoCl₂-dal és ZnSO₄-tal (Co-Zn-50), illetve CoCl₂-dal és MnCl₂-dal (Co-Mn-50) dúsítottuk. Az adatok azt mutatták, hogy ellentétben a lárvanevelés során általunk elért eredményekkel, a száraz táp nyomelem-kiegészítése nem befolyásolta a barramundi ivadékok termelési paramétereit ($p > 0,05$). Ugyanakkor, míg az élő táplálék nyomelem dúsítása a kobalt és a mangán együttes alkalmazása esetén az állomány nagymértékű szénművéséhez és kannibalizmus kialakulásához vezetett, addig az említett nyomelemek száraztakarmányhoz történő hozzáadása a kontrollhoz képest egyöntetűbb ivadékokat eredményezett.

Kulcsszavak: barramundi, ivadéknevelés, nyomelemek, takarmány-kiegészítés, termelési paraméterek

SUMMARY

Barramundi (*Lates calcarifer* L.) is a predatory fish species native in Southeast Asia and Australia. Based on the geothermal potentiality of Hungary the warm-water fish can be reared successfully. Zooplankton in the wild contains minerals in a higher concentration than the usually fed newly hatched *Artemia* nauplii, therefore essential trace elements, such as cobalt, zinc and manganese play an important role in the larviculture of barramundi. Cobalt is vital in trace amount for many living functions of vertebrates, however, lower number of papers are available considering the nutritional aspects. Nevertheless, improved growth performance was observed in cases of some fish species when diet was supplemented with CoCl₂. Zinc and manganese are also vital for optimal growth and accordingly are investigated and applied diet supplements in aquaculture.

The main aim of the recent study is to investigate the effects of cobalt, manganese and zinc on the growth performance and homogeneity of fish when a commercially available dry diet is supplemented with trace elements individually and in combined treatments. A total of 6 treatments were set in a randomized blocked design where the concentrations of the applied elements were 50 mg kg⁻¹ for CoCl₂, for ZnSO₄ and for MnCl₂ individually, as well as for CoCl₂ along with ZnSO₄ and for CoCl₂ along with MnCl₂ in combination. Although the production parameters of larval barramundi were positively affected by the addition of trace elements when the retention of minerals occurred through nourishment living organisms, statistically no differences were found between the treatments considering the growth performance of barramundi juveniles either when dry feed was supplemented with cobalt, manganese or zinc ($p > 0.05$). While the use of cobalt and manganese in combined treatments produced a less uniform larvae in size and as a consequence of increased heterogeneity, survival was significantly reduced by the cannibalism, the sizes distribution of barramundi juveniles wasn't affected by the dry diet supplementation of these elements.

Keywords: barramundi, juvenile rearing, trace elements, diet-supplementation, production parameters

BEVEZETÉS

Az esszenciális nyomelemek alkalmazása egyre elterjedtebb az akvakultúrában. A legtöbb kutatás a lárvanevelés során vizsgálta a különböző nyomelemek termelési paraméterekre és a halak egészségügyi állapotára gyakorolt hatásait, mivel a zsenge halak takarmányozása során az élő táplálékszervezetek megfelelő ásványi anyag összetétele kiemelt jelentőségű (Penglase et al., 2010; Hawkyard et al., 2011; Ribeiro et al., 2011). Számos tengeri halfaj esetében értek el kedvező eredményeket a mangán és a cink alkalmazásával, a halak által fogyasztott zooplankton dúsításán keresztül (Nguyen et al., 2008; Penglase et al., 2013). A mangán és a cink nélkülözhetetlenek az optimális növekedés és csontfejlődés szempontjából, emellett számos életteni

ványi anyag összetétele kiemelt jelentőségű (Penglase et al., 2010; Hawkyard et al., 2011; Ribeiro et al., 2011). Számos tengeri halfaj esetében értek el kedvező eredményeket a mangán és a cink alkalmazásával, a halak által fogyasztott zooplankton dúsításán keresztül (Nguyen et al., 2008; Penglase et al., 2013). A mangán és a cink nélkülözhetetlenek az optimális növekedés és csontfejlődés szempontjából, emellett számos életteni

folyamatban játszanak fontos szerepet (Nguyen et al., 2008). A kobalt a természetesen vizekben előforduló mikroelem, amely nyomnyi mennyiségben a gerincek számára nélkülözhetetlen (Davis and Gatlin, 1991; Watanabe et al., 1997). Elsődleges szerepe van a B12-vitamin szintézisében, illetve számos enzim alkotórésze (Kashiwada et al., 1970; Steffens, 1989; Banerjee és Ragsdale, 2003). A cinkkel és a mangánnal szemben a nyomelem takarmányozásban betöltött szerepe kevésbé vizsgált (Blust, 2011), ugyanakkor a takarmány kobalttal történő dúsításával kedvező eredményeket értek el a ponty ivadékok (Castell et al., 1986; Mukherjee és Kaviraj, 2009), a szivárványos pisztráng (Hossein et al., 2008) és a tilápia (Anadu et al., 1990) növekedési mutatóinak tekintetében.

Korábbi kutatásaink során bebizonyítottuk, hogy a barramundi lárvanevelése során nélkülözhetetlen *Artemia nauplii* képes nagy mennyiségben, hatékonyan akkumulálni az egyes mikroelemeket (Fehér et al., 2012), míg a beltartalmában gazdagított élő eleség etetése kedvezően befolyásolta a lárvák termelési paramétereit (Fehér et al., 2013a,b). A lárvanevelés során a kobalt és a mangán alkalmazása pozitív hatással volt a növekedésre, ugyanakkor a kombinációban történő kiegészítés eredményeként az állomány jelentős mértékű szét-növését tapasztaltuk, amely a kannibalizmus felerősödéséhez, ezáltal a megmaradás csökkenéséhez vezetett. Kutatásunk elsődleges célkitűzése a mesterséges takarmányt fogyasztó, vagyis a lárvából kilépő barramundi ivadékok mikroelem igényének feltárása volt, immáron a száraz tápok nyomelem kiegészítésén keresztül. A kísérlet során vizsgáltuk a kobalttal, cinkkel és mangánnal különállóan, illetve kobalt-cink és kobalt-mangán kombinációban dúsított takarmány etetésének növekedésre, megmaradásra és takarmányértékesítésre gyakorolt hatásait, illetve kiemelt figyelmet fordítottunk az állomány egyöntetűségének alakulására is.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérleti elrendezés

A 8 hetes vizsgálat során a kísérleti állományt 600 barramundi ivadék alkotta, amelyek nedves testtömege a kísérlet kezdetén átlagosan $5,41 \pm 0,06$ g volt. A halakat 12, egyenként 70 liter hasznos víztérfogatú egységekben álló, édesvízzel feltöltött recirkulációs rendszerben helyeztük el. A kísérlet során 6 beállítást alkalmaztunk, egyenként 2 ismétléssel, beállításonként 100–100, ismétlésenként 50–50 ivadékkal. Az egyes kezelések elhelyezése véletlenszerű blokk elrendezésben történt. A kontroll mellett beállítottunk mono-elemes kobalt (Co-50), mangán (Mn-50) és cink (Zn-50) kezeléseket, valamint kobalt-mangán (CoMn-50) és kobalt-cink (CoZn-50) kombinált kezeléseket. Az alkalmazott fém sók kémiai formája kobalt-klorid, cink-szulfát és mangán-klorid volt (CoCl_2 , ZnSO_4 , MnCl_2 ; AnalaR NORMAPUR, VWR). A kísérleti beállításokat és alkalmazott nyomelem-dózisokat az 1. táblázat tartalmazza.

A kísérleti takarmányokat napi háromszori megosztásban, a testtömeg 2,5%-ban adagoltuk a halak szá-

mára, a takarmányadagok mennyiségét a testtömeg mérési adatok alapján, hetente korrigáltuk. A 8 hetes kísérlet folyamán naponta mértük a víz hőmérsékletét ($25,56 \pm 0,7$ °C; HANNA HI 9143), sótartalmát ($0,32 \pm 0,2$ ppt; HANNA HI 9143) és az oldott oxigén koncentrációját ($89 \pm 0,9\%$; HACH HQ30d). A nitrogénformák (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+) meghatározása kétnaponta, kolorimetriás módszerrel történt.

1. táblázat

Kísérleti beállítások és alkalmazott nyomelem dózisok

Kezelés(1)	CoCl_2 (mg/l)	ZnSO_4 (mg/l)	MnCl_2 (mg/l)
Kontroll(2)	-	-	-
Mn50	-	-	50
Co50	50	-	-
Zn50	-	50	-
CoZn50	50	50	-
CoMn50	50	-	50

Table 1: Experimental protocols and applied trace element doses

Treatment(1), Control(2)

A kísérleti takarmányok elkészítése

A kísérlet során egy kereskedelmi forgalomban száraz tápot (ALLER FUTURA, 1,5 mm) kalapácsoló darálóval ledaráltunk, majd a masszát 10% víz hozzáadásával, granuláló gép segítségével újraformáztuk. A pelletálást megelőzően az alkalmazott nyomelemek vizes oldatát rápermeteztük a masszára, majd a keveréket betonkeverőben homogenizáltuk.

A kísérleti takarmányok elkészítéséhez alapanyagul szolgáló és egyben a kontrollként is szolgáló, kereskedelmi forgalomban kapható táp gyártó által deklarált beltartalmi paramétereit a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

A kísérleti tápok alapanyagaként alkalmazott takarmány beltartalmi mutatói

Összetevő(1)	Mennyiség(2)
Nyers fehérje (%) (3)	56
Nyers zsír (%) (4)	18
Cink (mg/kg) (5)	70
Mangán (mg/kg) (6)	12
Kobalt (mg/kg) (7)	1

Table 2: Components of control dry diet

Component(1), Quantity(2), Crude protein(3), Crude fat(4), Zinc(5), Manganese(6), Cobalt(7)

Az ivadékok kémiai analízise

A takarmányozási kísérlet lezárását követően minden medencéből 8 ivadék (16 minta/kezelés) elemösszetételét vizsgáltuk. Az elemanalízist megelőzően a halakat 24 órás éhezésnek vetettük alá, a gyomortartalom kiürülése érdekében. A lehalásztást követően a mintákat lefagyasztottuk (-30 °C), majd szobahőmérsékleten felolvasztottuk. A halak nedvességtartalmának meghatározása gravimetriás módszerrel történt, 105 °C-on. Az atmoszférikus nedves roncsolást (cc. HNO_3 és H_2O_2 , VWR International) követően a

mintákat elemanalízisnek vetettük alá, a Zn-tartalom meghatározása AAS, míg a Co- és a Mn-koncentráció mérése grafitkemencés atomabszorpciós módszerrel (GFAAS), az egyéb makro- és mikroelemek koncentrációjának mérése mikrohullámú plazma atomemissziós spektrometriával (MP-AES 4100, Agilent Technologies) történt.

A halak megmaradása, növekedési üteme és takarmányértékesítése

Az elhullott egyedek számát naponta meghatároztuk, illetve heti egy alkalommal, tizedes pontos digitális mérleg segítségével megmértünk valamennyi ivadék egyedi, nedves testtömegét. A halak növekedési ütemét (SGR, %/nap) és takarmányértékesítését (FCR, g/g) a következő képletek segítségével határoztuk meg:

$$\text{SGR (\%/nap)} = (\ln W_f - \ln W_i) / t \times 100$$

ahol: W_f : végső testtömeg (g), W_i : kezdő testtömeg (g), t : napok száma;

$$\text{FCR (g/g)} = F / (W_f - W_i) \text{ (g/g)}$$

ahol: F : a kísérlet során elfogyasztott takarmány mennyisége szárazanyagban (g), W_f : végső testtömeg (g), W_i : kezdő testtömeg (g).

Statisztikai analízis

A statisztikai vizsgálatokat SPSS/PC+ programcsomaggal végeztük. A homogenitás vizsgálat Levenetesztrel történt ($P < 0,05$). Az ivadékok megmaradásának, egyedi átlagos testtömegének, növekedési ütemének (SGR) és takarmányértékesítésének (FCR), illetve Co-, Mn- és Zn-koncentrációjának összehasonlítása kétutas, blokkos elrendezésű (Nested design) ANOVA-val történt (szignifikáns különbségek megállapítása: Tukey-teszt, $P < 0,05$).

EREDMÉNYEK

Az ivadékok egyedi testtömege, illetve megmaradása és egyöntetűsége

A 8 hetes kísérlet végén az ivadékok egyedi, átlagos nedves testtömegének alakulását az 1. ábra szemlélteti. Az adatok egyértelműen mutatják, hogy a testtömegek tekintetében nem volt statisztikailag igazolható különbség a kontroll és az egyes kezelések között, ugyanakkor elmondható, hogy a vizsgálat 4. hetéig valamennyi beállítás szignifikánsan is magasabb testtömeget produkált. Az említett különbségek azonban a hetek múlásával fokozatosan kiegyenlítődték, majd eltűntek.

Az ivadékok megmaradása minden kezelés esetében 90% fölött maradt, ebben a tekintetben a legjobb eredményt az 50 mg/kg cinkkel kiegészített tápot fogyasztó ivadékok (Zn-50) érték el, ugyanakkor szignifikáns eltérést nem tapasztaltunk a csoportok között (2. ábra).

A kísérlet során elért kedvező megmaradás, az optimális vízminőség biztosítása mellett, elsősorban a kísérleti állomány egyöntetűségének következménye. A 3. ábra a kontroll, valamint az 50–50 mg/kg kobalttal, illetve mangánnal dúsított takarmányt fogyasztó kezelések (CoMn-50) esetében mutatja a Gauss-féle populáció eloszlási görbe alakulását, amely jól szemlélteti a csoportok nagyfokú homogenitását.

1. ábra: A barramundi ivadékok egyedi testtömege

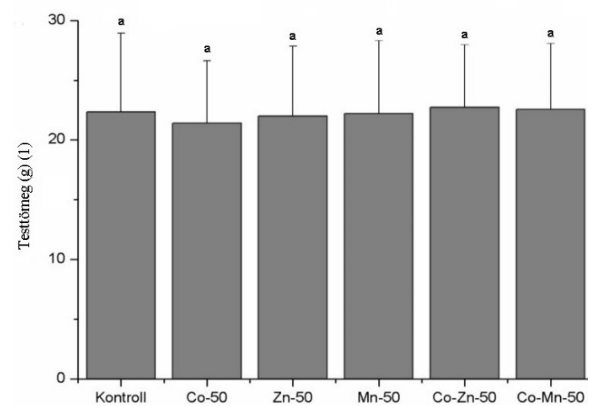


Figure 1: Final wet body weight of barramundi juveniles Body weight (g)(1)

2. ábra: A barramundi ivadékok megmaradása

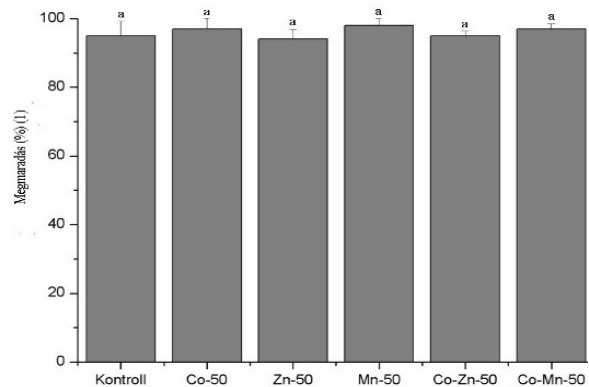


Figure 2: Survival of barramundi juveniles Survival (%) (1)

Az ivadékok növekedési üteme (SGR) és takarmányértékesítése (FCR)

A specifikus növekedési ütem (SGR, %/nap), illetve a takarmányértékesítés (FCR, g/g) tekintetében nem mutatkozott szignifikáns különbség a kontroll és az egyes kezelések között (4. ábra). A csoportok specifikus növekedési üteme 2,53 és 2,58 %/nap között változott, a legkedvezőbb növekedést a kontrollhoz tartozó, illetve a mangánnal önmagában dúsított takarmányt fogyasztó ivadékok mutatták. A takarmányértékesítés vonatkozásában elmondható, hogy a 8 hetes kísérlet során az FCR értékek minden kezelés esetében 1,0 g/g alatt maradtak.

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

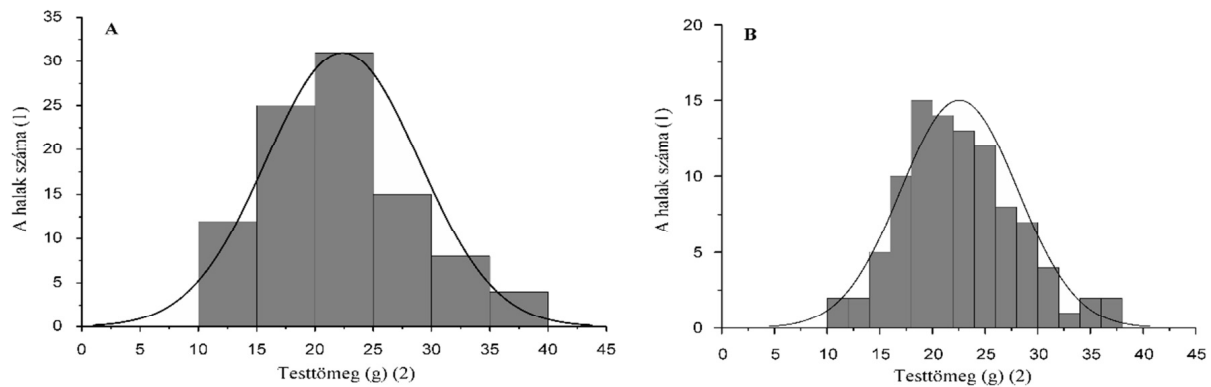


Figure 3: Normal Gaussian population distribution curve of control (A) and deviated distribution curve of CoMn-50 (B) group
Number of fish(1), Body weight (g)(2)

4. ábra: Az ivadékok növekedési üteme (SGR) és takarmányértékesítése (FCR)

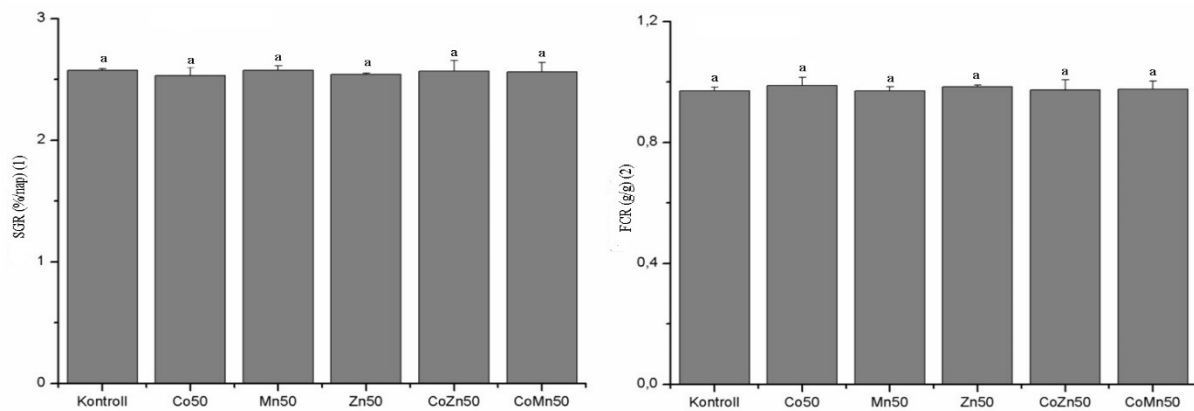


Figure 4: Growth rate (SGR) and feed conversion (FCR) of barramundi juveniles
Specific Growth Rate (SGR) (% day⁻¹)(1), Feed Conversion Ratio (FCR) (g g⁻¹)(2)

Az ivadékok nyomelem-felvétele

A barramundi ivadékok cink, kobalt és mangán felvételét az 5. ábra szemlélteti. A cink felvétel tekintetében nem mutatkozott statisztikailag igazolható eltérés az egyes kezelések között. Az ivadékok ugyanakkor a kontrollhoz képest szignifikánsan több kobaltot akkumuláltak azon kezelések esetében, amelyekben kobalt-

kiegészítést (Co-50, CoZn-50 és CoMn-50) alkalmaztunk. A mangán vonatkozásában elmondható, hogy az 50 mg/kg mangánnal kiegészített takarmányt fogyasztó ivadékok nyomelem-felvétele nem különbözött a kontrolltól, azonban a kobalttal és mangánnal kombinációban végzett dúsítás hatására szignifikánsan több Mn-t akkumuláltak.

5. ábra: Az ivadékok cink, kobalt és mangán felvétele

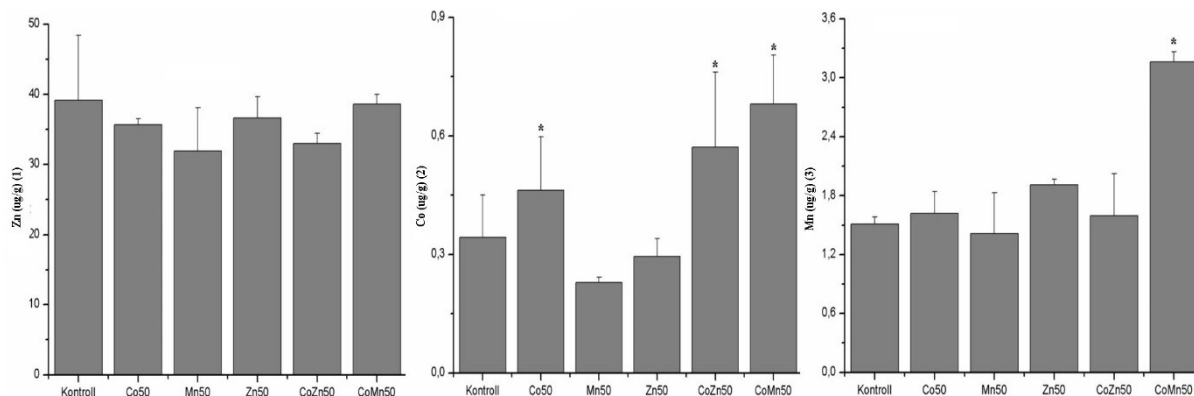


Figure 5: Zinc, cobalt and manganese concentrations in barramundi juveniles
Zinc (ug g⁻¹)(1), Cobalt (ug g⁻¹)(2), Manganese (ug g⁻¹)(3)

A kobalt, a mangán és a cink akkumuláció mellett vizsgáltuk az ivadékok egyéb makro- és mikroelem felvételét is. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a halak elemösszetétele nem változott a takarmány-kiegészítés hatására (3. táblázat).

KÖVETKEZTETÉSEK

A lárvanevelés során az élő táplálék kobalt, cink és mangán kiegészítése, számos egyéb tengeri halfajhoz hasonlóan (Nguyen et al., 2008), jelentős hatással volt

a barramundi termelési paramétereire és egyöntetűségére (Fehér et al., 2013a,b). A nyomelemekkel dúsított zooplankton fogyasztása minden elem kombináció és dózis esetében kedvezőbb növekedést eredményezett a kontroll kezeléshez képest. A kereskedelmi forgalomban kapható száraz takarmány ugyanezen mikroelemekkel történő kiegészítése azonban nem volt hatással a barramundi ivadékok egyedi testtömegére és növekedési ütemére, illetve mindezek mellett a takarmány-értékesítést sem befolyásolta.

3. táblázat

Az ivadékok elemösszetétele

	Kontroll(1)	Co50	Mn50	Zn50	CoZn50	CoMn50
K (mg/g)	6,11±0,27	6,09±0,57	6,08±0,27	6,20±31	6,26±0,68	6,46±0,53
Mg (mg/g)	1,13±0,15	1,24±0,14	1,15±0,22	1,34±0,13	1,21±0,02	1,27±0,05
Na (mg/g)	4,03±0,65	5,33±0,65	3,69±0,78	4,78±1,02	4,45±0,46	4,08±0,53
Ca (mg/g)	6,12±1,38	6,57±1,32	5,21±2,98	7,40±1,36	6,25±0,38	6,22±0,35
Ba (µg/g)	3,77±1,28	6,70±3,03	3,42±1,87	10,77±8,71	4,03±0,09	5,51±1,15
Fe (µg/g)	25,02±1,74	23,53±5,38	24,23±0,72	22,11±4,82	23,91±9,31	28,05±0,77
Sr (µg/g)	52,70±11,92	61,12±5,66	50,69±24,31	70,64±14,35	57,62±1,48	65,01±4,11

Table 3: Elemental concentrations in barramundi juveniles Control(1)

Az élőeséggként szolgáló *Artemia nauplii* kobalttal és mangánnal végzett dúsítása a barramundi lárvák jelentős mértékű szénnövésehez, egyben a faj fiatal állományaira jellemző (Arockiaraj és Appelbaum, 2011) kannibalizmus felerősödéséhez vezetett. Mindez az említett kezeléseknél a kontrollhoz képest magas elhullást eredményezett. A száraz táp mikroelem kiegészítése során sem a cink, a kobalt és a mangán önmagában, sem az említett elemek kombinációban történő alkalmazása nem volt hatással az ivadékok egyöntetűségére, így a kísérlet során kannibalizmusból eredő elhullást nem tapasztaltunk.

Az esszenciális nyomelemekkel dúsított élő táplálék alkalmazása során a lárvák cink-felvételét a többi nyomelem jelenléte nem befolyásolta, ugyanakkor a kobalt és a mangán felvétele között erős antagonizmust tapasztaltunk, amely különösen a mangán esetében bizonyult jelentősnek (Fehér et al., 2013a,b). Kísérletünkben a barramundi kobalt, mangán és cink akkumulációjára a takarmányban lévő egyéb nyomelemek jelenléte nem volt hatással. Míg az ivadékok cink beépülése nem különbözött a kontroll kezelés eredményétől, a kobalt- és a mangán-kiegészítés hatására a mért koncentráció mindkét esszenciális elem vonatkozásában szignifikánsan nőtt. A kontrollként, illetve a kísérleti takarmányok alapanyagaként alkalmazott, kereskedelmi forgalomban kapható táp jelentős, 70 mg/kg cinket tartalmazott. Mivel az ivadékok cink-koncentrációja a

többszöröse ellenére sem nőtt a kontrollhoz képest, kijelenthető, hogy az említett mennyiség önmagában fedezi a halfaj ezen korosztályának szükségletét. Az ivadékok kobalt és a mangán felvétele ugyanakkor szignifikánsan nőtt a takarmány említett nyomelemekkel történő kiegészítésének hatására, amely azt feltételezi, hogy az alkalmazott táp nem fedezi teljes mértékben a korosztály igényeit a két elemet illetően. Habár a nyomelem szükséglet pontosabb kielégítésének pozitív következményei a 8 hetes kísérlet során a barramundi ivadékok termelési paramétereinek vonatkozásában nem mutatkoztak meg, a kobalt és a mangán növekedésre és csontfejlődésre kifejtett kedvező hatásai hosszabb távon nagyobb mértékben juthatnak érvényre.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás az „Exportképes halfajok (Barramundi; Vörös árnyékhal) termeléstecnológiájának komplex fejlesztése” című, OM-00055/2009 (BARRA_09) projekt, illetve az Európai Unió és Magyarország támogatásával 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 országos program" keretei között valósult meg. Az MP-AES mérések a Novo-Lab Kft. segítségével valósultak meg.

IRODALOM

Anadu, D. I.–Anozie, O. C.–Anthony, A. D. (1990): Growth responses of *Tilapia zillii* fed diets containing various levels of ascorbic acid and cobalt chloride. *Aquaculture*. 88: 329–336.

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.

- Banerjee, R.–Ragsdale, S.W. (2003): The many faces of vitamin B12: catalysis by cobalamin-dependent enzymes. *Annu. Rev. Biochem.* 72: 209–247.
- Blust, R. (2011): Cobalt. Homeostasis and Toxicology of Essential Metals. *Fish Physiology*. 31. A: 291–326.
- Castell, J. D.–Conklin, D. E.–Craigie, J. S.–Lall, S. P.–Norman-Boudreau, K. (1986): Realism in Aquaculture: Achievements, Constraints, Perspectives. European Aquaculture Society, Belgium. 251–308.
- Davies, D. A.–Gatlin, D. M. (1991): Dietary mineral requirements of fish and shrimp. [In: Akiyama, D. M.– Tan, R. (eds.) Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop.] Thailand and Indonesia. 19–25 September. American Soybean Association. Singapore. 171: 49–67.
- Fehér M.–Bársony P.–Baranyai E.–Posta J.–Stündl L. (2012): Kedvező biológiai hatású mikroelemekkel dúsított *Artemia* alkalmazása a barramundi (*Lates calcarifer* L.) lárvanevelésében. *Agrártudományi Közlemények*. 48: 11–16.
- Fehér M.–Baranyai E.–Bársony P.–Simon E.–Posta J.–Stündl L. (2013a): A kobalt-klorid hatása a barramundi lárva (*Lates calcarifer* L.) termelési paramétereire és egyöntetűségére. *Agrártudományi Közlemények*. 51: 21–25.
- Fehér, M.–Baranyai, E.–Simon, E.–Bársony, P.–Szűcs, I.–Posta, J.–Stündl, L. (2013b): The interactive effect of cobalt in *Artemia* on the survival and larval growth of barramundi, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*. 414–415, 92–99.
- Hawkyard, M.–Sæle, Ø.–Nordgreen, A.–Langdon, C.–Hamre, K. (2011): Effect of iodine enrichment of *Artemia* sp. on their nutritional value for larval zebrafish (*Danio rerio*). *Aquaculture*. 15: 37–43.
- Hossein, E.–Abbas, M.–Shohreh, B. (2008): Effects of Co as growth promotant on the growth of rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*). *World of Aquaculture 2008: Aquaculture for human wellbeing – The Asian perspective*. 19–23 May 2008. Busan. Korea.
- 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.
- Mukherjee, S.–Kaviraj, A. (2009): Evaluation of growth and bioaccumulation of cobalt in different tissues of common carp, *Cyprinus carpio* (*actinopterygii: cypriniformes: cyprinidae*), fed cobalt-supplemented diets. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 39: 87–93.
- 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.
- Penglase, S.–Nordgreen, A.–Meeren, T.–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.
- Penglase, S.–Hamre, K.–Olsvik, P. A.–Grøtan, S.–Nordgreen, A. (2013): Rotifers enriched with iodine, copper and manganese had no effect on larval cod (*Gadus morhua*) growth, mineral status or redox system gene mRNA levels. *Aquacult. Research*.
- Ribeiro, A. R. A.–Ribeiro, L.–Sæle, Ø.–Hamre, K.–Dinis, M. T.–Moren, M. (2011): Iodine-enriched rotifers and *Artemia* prevent goitre in Senegalese sole (*Solea senegalensis*) larvae reared in a recirculation system. *Aquacult. Nutrition*. 17: 248–257.
- Steffens, W. (1989): Principles of Fish Nutrition. Ellis Horwood. Chichester. 384.
- Watanabe, T.–Kiron, V.–Satoh, S. (1997): Trace minerals in fish nutrition. *Aquaculture*. 151: 185–207.