

PANNON EGYETEM

GEORGIKON KAR

KESZTHELY

Állattudományi és Állattenyésztéstani Tanszék

DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS

Állat- és Agrárkörnyezet-tudományi Doktori Iskola

Iskolavezető: Dr. Anda Angéla, D.Sc.

**A harcsa (*Silurus glanis*) növényi fehérje alapú
takarmányozásának megalapozása intenzív
rendszerben**

Témavezetők: Dr. Bercsényi Miklós egyetemi tanár és

Dr. Nagy Szabolcs egyetemi docens

Készítette:

Havasi Máté

DOI: 10.18136/PE.2014.522

Keszthely

2014

**A HARCSA (*SILURUS GLANIS*) NÖVÉNYI FEHÉRJE ALAPÚ TAKARMÁNYOZÁSÁNAK
MEGALAPOZÁSA INTENZÍV RENDSZERBEN**

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

Írta:

Havasi Máté

Készült a Pannon Egyetem, Georgikon Kar

Állat- és Agrárkörnyezet-tudományi Doktori Iskolája keretében

Témavezetők: Dr. Bercsényi Miklós egyetemi tanár és

Dr. Nagy Szabolcs egyetemi docens

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)**

A jelölt a doktori szigorlaton%-ot ért el,

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom:

Bíráló neve: igen /nem

.....
(aláírás)

Bíráló neve:) igen /nem

.....
(aláírás)

***Bíráló neve:) igen /nem

.....
(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján%-ot ért el.

Veszprém/Keszthely,

.....
a Bíráló Bizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

.....
Az EDHT elnöke

Tartalomjegyzék

1.Kivonat.....	6
2.Abstract.....	7
3.Auszug.....	8
4.Bevezetés.....	9
5.Célkitűzések.....	12
6.Irodalmi áttekintés.....	13
6.1. A harcsa rendszertana.....	13
6.2. A harcsa elterjedése.....	14
6.3. A harcsa testfelépítése.....	14
6.4. A harcsa táplálkozása és növekedése.....	15
6.5. Harcsafélék termelése és hasznosítása hazánkban és a világban.....	18
6.5.1.Pangasius sp.	19
6.5.2.Csatornaharcsa (Ictalurus punctatus)	21
6.5.3.Afrikai harcsa (Clarias gariepinus).....	23
6.5.4.Amuri vagy japán harcsa {Amur catfish, Japanese catfish}, Silurus asotus.....	25
6.6. A lesőharcsa hasznosítása hazánkban és Európában.....	26
6.7. A halliszt termelés helyzete és problémái.....	31
6.8. A halliszt kiváltásának és mennyiségi csökkentésének lehetőségei.....	33
6.8.1. Állati eredetű összetevők.....	34
6.8.2. Növényi eredetű összetevők.....	36
6.8.3. Fermentációs termékek	39
6.9. Intenzív, növényi fehérje alapú ragadozó haltermelés fenntarthatósága	41
6.10. A halak fehérje- és aminosav-szükséglete	42
6.10.1. Fehérjeigény.....	43
6.10.2. Aminosavigény	45
6.11. Az optimális etetési gyakoriság és napi takarmányadag.....	47
7.Anyag és módszer.....	49
7.1. A kísérleti rendszerek	49
7.2. Takarmányozás-technológiai paraméterek vizsgálata.....	50
7.2.1.Optimális napi takarmányadag meghatározása	50
7.2.2. Optimális etetési gyakoriság meghatározása	51
7.2.3. Különböző takarmányok kiürülési idejének vizsgálata.....	52
7.3. Halliszt kiválthatóságát célzó vizsgálatok.....	53
7.3.1. Különböző takarmányalkotók hatása a harcsa teljesítményére növényi fehérje alapú táp etetése során	53
7.3.2. Halliszt kiváltása húsliszttel, illetve növényi fehérjével.....	55
7.4. Analitikai vizsgálatok	57
7.5. Mérések, számítások, statisztikai értékelés	57
8.Eredmények.....	60
8.1. Takarmányozás-technológiai paraméterek vizsgálata.....	60
8.1.1.Optimális napi takarmányadag meghatározása	60
8.1.2. Optimális etetési gyakoriság meghatározása	63
8.1.3. Különböző takarmányok kiürülési idejének vizsgálata.....	66
8.2. Halliszt kiválthatóságát célzó vizsgálatok.....	69
8.2.1. Különböző takarmányalkotók hatása a harcsa teljesítményére növényi fehérje alapú táp etetése során	69
8.2.2. Halliszt kiváltása húsliszttel, illetve növényi fehérjével.....	72
9. Az eredmények értékelése és következtetés.....	76
9.1. Takarmányozás-technológiai paraméterek vizsgálata.....	76

9.1.1. Optimális napi takarmányadag meghatározása	76
9.1.2. Optimális etetési gyakoriság meghatározása	77
9.1.3. Különböző takarmányok kiürülési idejének vizsgálata	78
9.2. Halliszt kiválthatóságát célzó vizsgálatok.....	79
9.2.1. Különböző takarmányalkotók hatása a harcsa teljesítményére növényi fehérje alapú táp etetése során	79
9.2.2. Halliszt kiváltása húsliszttel, illetve növényi fehérjével.....	80
10. Összefoglalás.....	81
11. Tézispontok.....	82
12. Thesis points	83
13. Köszönetnyilvánítás	83
14. Irodalomjegyzék.....	84
Függelék.....	104
<i>Fényképek.....</i>	<i>104</i>
<i>Publikációs lista.....</i>	<i>107</i>
Tudományos előadások az értekezés témakörében	107
Tudományos közlemények az értekezés témakörében	109
Egyéb tudományos közlemények	110
Jegyzetek, dolgozatok.....	111
Egyéb tudományos előadások	111

1. Kivonat

A dolgozatban bemutatott kísérletek egy, a hazai körülmények között gazdaságosan folytatható, intenzív lesőharcsa (*Silurus glanis*) termelési technológia megalapozását szolgálják.

Mivel egy ilyen rendszerben a termelési költségek túlnyomó részét a takarmányozás teszi ki, a gazdaságosság elsősorban ezen a tényezőn múlik. Igen fontos tehát az optimális napi takarmányadag és az etetési gyakoriság ismerete. Továbbá a gazdaságosság és a fenntarthatóság jegyében fontos olyan tápok fejlesztése, melyek kielégítő növekedést és halhús minőséget biztosítanak, ugyanakkor olcsó, hazai alapanyagokból készülnek, és hallisztet pedig nem, vagy csak csekély mennyiségben tartalmaznak. A dolgozatban bemutatott kísérletekben a szerző vizsgálta az optimális napi takarmányadagot, etetési gyakoriságot és a bélcsatorna kiürülési sebességét. Szintén vizsgálta a halliszt helyettesítésének lehetőségét növényi fehérjével önmagában és különböző hozzáadott takarmányalkotókkal, illetve húsliszttel.

Eredményei szerint egynyaras harcsa takarmányozása során a napi 2,5-4 % (az állomány tömegében kifejezett) takarmányadag javasolható, az aktuális vízhőmérséklettől, illetve a gazdasági stratégiától függően. Kísérletében kimutatta, hogy az etetési gyakoriság nem volt hatással sem a növekedésre, sem a takarmányértékesítésre, sem pedig a szétnövésre. Igazolta a harcsa étvágyának és anyagcsere intenzitásának hőmérsékletfüggését. A hőmérséklet emelkedésével a felvett takarmány mennyisége arányosan nőtt. A tápcsatorna kiürülése a hőmérséklet növekedésével gyorsult. 20°C-on 36-49 óra alatt, 24°C-on 19-35 óra alatt ürült ki a halak bélrendszere.

Eredményei alapján kijelenthető, hogy a lesőharcsa nevelhető szinte kizárólag növényi fehérjét tartalmazó tápokon, ugyanakkor a növekedése az elvárt optimum alatt marad. A halliszt kiváltására a harcsa takarmányában, a szerző által vizsgált állati eredetű alapanyagok közül, a húsliszt alkalmazása tűnt eredményesnek.

2. Abstract

Foundation of plant protein based feeding of European catfish (Silurus glanis) in intensive systems

In these experiments the optimal daily feeding rate, the feeding frequency and the passing time of feeds through the intestinal system were studied. The possibilities of substitution of fish meal with plant protein alone and with different admixtures and meat meal were also investigated.

According to the results 2.5-4% daily feed portion (expressed as percentage of stock body weight) is recommended for the one-summer old wels. During the experiment there were not found any effects of feeding frequency on growth, feed conversion and size variation. At 20°C the gut content was evacuated from the digestive tract within 36-49 hours while it occurred within 19-35 hours at 24°C. For the fish meal substitutions meat meal, appeared to be suitable.

3. Auszug

Der Grundierung der pflanzliches Eiweiss enthaltenen Fütterung des Wels (Silurus glanis) in den intensiv Systems

In dem Experiment in dieser Dissertation hat der Autor die optimale tägliche Futterportion, die Häufigkeit der Fütterung, die Entleerungsgeschwindigkeit des Darmkanals untersucht. Er hat auch die Möglichkeiten des Ersetzens des Fischmehls durch pflanzliches Eiweiss allein und mit Zusatzstoffen und auch mit Fischmehl untersucht.

Nach seinen Ergebnissen ist bei einsömmerigen Welsen eine Futterportion von 2,5-4% (im Gewicht des Bestandes angegeben) vorzuschlagen. In seinem Experiment konnte er keine Wirkung der Fütterung auf Wachstumsrate, auf Futterverwertung und auch auf die Zerwachsung nicht beweisen. Die Darmentleerung ist mit zunehmender Temperatur beschleunigt. Bei 20° C leert das Darmsystem der Fische während 36-49 Stunden, bei 24° C während 19-35 Stunden aus. Als Ersatz für Fischmehl aus untersuchten tierischen Grundstoffen scheint die Verwendung von Fleischmehl erfolgreich zu sein.

4. Bevezetés

A világ népessége rohamosan növekszik, a becslések szerint 2050-re akár a 11 milliárd főt is elérheti (*Pimentel és Pimentel, 2006*). A mezőgazdasági ágazatok számára folyamatos kihívást jelent a növekvő populáció ellátása megfelelő minőségű élelemmel. Ebben a tekintetben a halászat és akvakultúra szektor szerepe is jelentős. A világ állati eredetű fehérjeellátásának 15%-a hal. A fejlődő világban ez a szám jóval magasabb, az összes fehérjefogyasztás 40%-a. 1 milliárd embernek (elsősorban Ázsiában) egyedüli fehérjeforrása a hal (*Horn, 2009*). Ráadásul az életszínvonal folyamatos emelkedésével párhuzamosan nő a húsfogyasztás, és ezen belül a halfogyasztás mértéke is (*Gilland, 2002*). A növekvő igényt azonban csak akkor tudjuk kielégíteni, ha rendelkezésre állnak a termeléshez szükséges források is. A világ halellátását ma már 53%-ban az akvakultúra fedezi, a természetes vízi halászat részesedése 47% (*FAO Fisheries and Aquaculture D., 2009*). Az édesvízi halászat arányát tekintve elenyésző, a tengeri fogási kvóták a vizek túlhalászottsága miatt tovább nem emelhetők. A fentiekből világosan következik, hogy a jövőben a világ halellátása az akvakultúra szektor növekedésétől és fejlődésétől várható.

Mindemellett a fogyasztói piac és a kereskedelem a folyamatos, állandó minőségű szállítást igényli. Ennek biztosítása csak intenzív technológiák alkalmazásával lehetséges. A hal intenzív rendszerben való termelésének jelentős költségei vannak, ezért intenzív módon csak a magas piaci értékű halak (pl. ragadozók) termelése lehet gazdaságos. Nem meglepő az sem tehát, hogy a hazai, ponty dominanciájú akvakultúra értékesítési gondokkal küzd. Az ágazat jövedelemtermelő-képesség növelésének egyik lehetséges módja a magas piaci értékű, ragadozó halak arányának növelése a termelésben. Ezek a fajok a jelenlegi gyakorlat szerint a tógazdasági termelés 2-5%-át adják.

A lesőharcsa (*Silurus glanis* Linnaeus 1758) őshonos, ragadozó halfajunk, mely hazai kutatások és nyugat-európai példák alapján kiválóan megfelel a fent említett intenzív termelés igényeinek is. Erre számos kedvező tulajdonsága teszi alkalmassá. Őshonos, télálló hal, aminek mesterséges szaporítása kidolgozott. Szálkátlan, ízletes fehér húsa magas piaci értékkel bír, ami megfelel a megváltozott fogyasztói igényeknek. A takarmányt kiválóan hasznosítja, növekedése rendkívül gyors. Széles táplálékspektrummal rendelkezik, könnyen tápra szoktatható. A gazdasági műveletek

okozta töréssel szemben ellenálló, oldott oxigéntartalom igénye a pontyéhoz hasonlóan alacsony. Hazai termelése még kiaknázatlan lehetőségeket hordoz magában, ugyanis számos előnyös tulajdonsága ellenére, tógazdasági körülmények között, pusztán járulékos halként, a teljes áruhal mennyiség egy-két százalékában folyik a termelése. 2009-ben az évi tógazdasági harcsatermelés mindössze 246,1 tonna, míg a természetes vízi zsákmány 166,6 tonna volt (Pintér, 2010). Ugyanakkor Nyugat- és már Kelet-Európában is növekedik az étkezési harcsát előállító intenzív haltelepek száma. Németországban például egyetlen család évi 150 tonna piaci harcsát állít elő recirkulációs rendszerben (www.wallerzucht.de). A harcsában rejlő termelési potenciált tehát Magyarországon nem használjuk ki kellőképpen. Ennek okai között az új technológiák ismeretének és a változtatásra való készségnek a hiánya is szerepelhet.

Az akvakultúrában a termelés hatékonyságát és gazdaságosságát a takarmányozás nagy mértékben meghatározza. Intenzív rendszerekben az összköltség akár több mint 50%-át is jelentheti a takarmányozás ráfordítása (Fast és mtsai., 1997; Müller, 1990, Silva és mtsai., 2007). Az intenzív harcsatenyésztés hazai viszonyokra való adaptálása során elsődleges cél lehet tehát a takarmányköltség csökkentése olcsóbb tápok alkalmazásával. Jelenleg az intenzív halnevelő üzemekben használt haltápok fő fehérjeforrása, szinte kivétel nélkül a halliszt. A halliszt alkalmazása kézenfekvő, hiszen a hal fehérjeszintézise akkor a leghatékonyabb, ha a táplálék összetétele minél inkább megközelíti a hal testösszetételét. Azonban a halliszt fő nyersanyagát adó tengeri halak fogása a 90-es évek elejétől stagnál, ill. csökken (Astles és mtsai., 2009; Caddy és Garibaldi, 2000; Horn, 2009; Johnsen, 2005). A túlhalászat ráadásul jelentősen csökkenti a biodiverzitást a tengeri ökoszisztémákban (Reid és mtsai., 2009). A világ éves, tengeri halfogása jelenleg kb. 81-84 millió tonna (FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2009). A tengerek túlhalászottsága miatt a jelenlegi fogási kvóták tovább már nem növelhetők. A halliszttal szembeni igény nyilvánvaló növekedése mellett, az eddigi gyakorlat fenntarthatósága bizonytalan, a halliszt előállítása nagyon drágává válhat. (Tacon és Metian, 2008). 2004 óta ára megduplázódott, napjainkban 1600-1800 \$/tonna között ingadozik a kereskedelmi ára, míg a szójaliszt ára tonnánként 490 \$ (<http://www.indexmundi.com>). Az egyes trofitási szintek közötti anyag- és energiaátviteli rendszer kis hatékonysága miatt az állati fehérje állati fehérjéből történő előállításán alapuló termelési folyamat komoly gazdasági és környezetvédelmi ellentmondásokkal bír. Sürgető tehát az akvakultúrában ma már általános készlet, hogy a felhasznált halliszt mennyiségét csökkentsük és egyéb, megfelelő

fehérjeforrásokkal (pl. más állati fehérjék, növényi fehérjék, fermentációs eredetű fehérjék) váltsuk ki (Ai és Xie, 2006). Számos kutatás kitűzött célja a halolaj és a halliszt helyettesítése (Dias és mtsai., 2009; Panserat és mtsai., 2009; Sánchez-Lozano és mtsai., 2009; Silva és mtsai., 2009) a különböző harcsafélék takarmányozásának kapcsán is (Ai és Xie, 2006; Ambardekar és mtsai., 2009; Davies és Gouveia, 2008; Toko és mtsai., 2008; Webster és mtsai., 1997). Az Európai Unió külön projektet hozott létre az akvakultúra halliszt-felhasználásának csökkentésére AQUAMAX néven (www.aquamaxip.eu). A programnak magyar résztvevői is vannak termelői és tudományos oldalon egyaránt. A halliszt kiváltására már léteznek pozitív eredmények a termelési gyakorlatban is (FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2009). Az Amerikai Egyesült Államokban a csatornaharcsa (*Ictalurus punctatus*) ipari méretű termelése alacsony fehérjetartalmú, főleg növényi fehérjét tartalmazó tápokon folyik (Sink és mtsai., 2010). A tápokban a halliszt mennyisége mindössze 5% körül van. A termelés napjainkra éves szinten meghaladta a 270 000 tonnát (Stickney, 2010).

Hazai körülmények között zárt rendszerű, intenzív, étkezési lesőharcsa termelés valószínűleg nem lenne gazdaságosan művelhető. Ugyanakkor a már meglévő kb. 20 000 ha halastófelület olyan maradandó érték, amely a jövőben is hasznosításra érdemes. Magyarországon intenzív harcsanevelésre egy olyan kombinált rendszer lehet a legalkalmasabb, amiben az extenzív és intenzív halnevelő rendszerek előnyös tulajdonságait egyaránt kihasználjuk. Ilyenek a tavi recirkulációs, a „tó a tóban” rendszerek, illetve a tavi ketreces technológiák. Ezeknek a rendszereknek a közös jellemzője, hogy az értékes harcsát, egy jól körülhatárolható intenzív egységben neveljük, amely egy nagyobb méretű, extenzív (ponty, busa alapú polikultúra) termelő egységgel áll kapcsolatban. Ez utóbbi végzi az intenzív tenyésztetek biológiai szűrését, valamint az itt termelődő biomassza kiegészítő tápláléka lehet a harcsának, a tápetetés mellett. Ilyen termelési szerkezet mellett gazdaságos lehet olcsóbb, esetleg alacsonyabb fehérjetartalmú tápok etetése is. További előnyei, hogy fenntarthatóbb, víztakarékos, a trágyázás mértéke csökkenthető, elhagyható, a hal könnyebben védhető a lopásoktól és a madárkárral szemben (Kozák, 2009a), valamint a természetvédelmi szempontok is jobban érvényesülhetnek egy ilyen rendszer alkalmazása során.

5. Célkitűzések

A bevezetésben említett technológia adaptálása egy „új” faj termelésére számos technológiai részletkérdés megválaszolását teszi szükségessé. Mivel a termelési költségek túlnyomó részét a takarmányozás teszi ki, a gazdaságosság elsősorban ezen a tényezőn múlik. Igen fontos tehát a takarmányozás optimalizálása.

A fenntarthatóságot is figyelembe véve fontos olyan tápok létrehozása, melyek kielégítő növekedést és halhús minőséget biztosítanak, ugyanakkor olcsó, hazai alapanyagokból készülnek, hallisztet pedig nem, vagy csak csekély mennyiségben tartalmaznak.

A tápok összetétele mellett szintén lényeges az optimális etetési gyakoriság és módszer ismerete. A halak tápfelvétele ugyanakkor a szemünk előtt rejtve zajlik, a tényleges tápfogyasztásról csak közvetett információk alapján következtethetünk. A takarmánypazarlás csökkentése miatt szükséges a takarmány kijuttatás optimális napi ritmusának, gyakoriságának, valamint a takarmányadagnak a termelési paraméterekre való hatásának ismerete.

A dolgozatban bemutatott kísérletek eredményei a jövőben hozzájárulhatnak egy, a hazai körülmények között gazdaságosan végezhető, intenzív lesőharcsa termelés megalapozásához.

Ennek érdekében célkitűzéseim a következők:

- Az optimális napi takarmányadag meghatározása egynyaras harcsa esetében.
- Az optimális etetési gyakoriság meghatározása egynyaras harcsa esetében.
- A takarmány bélcsatornán való áthaladási idejének meghatározása különböző hőmérsékleteken.
- A lesőharcsa növényi fehérjén való nevelhetőségének vizsgálata.
- A halliszt kiválthatóságának vizsgálata a lesőharcsa tápjában.

6. Irodalmi áttekintés

6.1. A harcsa rendszertana

Elnevezései (<http://fishbase.org>):

latin: *Silurus glanis*

angol: European catfish, sheatfish, wels

német: Wels, Waller, Shaden

francia: silure glane

magyar: harcsa, folyami harcsa, lesőharcsa, szürkeharcsa, sárga harcsa, parasztfaló (Herman, 1887), pozsárharcsa, pumaharcsa, ivadék: harcsapundra, harcsapurdé (Pintér, 2002).

Rendszertana:

- törzs (Phylum): Gerincesek – Vertebrata
- főosztály (Superclassis): Csontos halak – Osteichthyes
- osztály (Classis): Sugarasúszójú halak – Actinopterygii
- alosztály (Subclassis): Újúsúzóúak – Neopterygii
- alosztályág (Infraclassis): Valódi csontoshalak - Teleostei
- rend (Order): Harcsa alakúak - Siluriformes
- alrend (Suborder): Harcsa alkatúak - Siluroidei
- család (Familia): Harcsafélék – Siluridae
- nemzetség (Genus): *Silurus*
- faj (Species): *Silurus glanis* L. 1758. (Pintér, 2002; <http://fishbase.org>)

A Siluridae családból mindössze a *Silurus* nemzetségbe (amely a jelenleg elfogadott rendszertan szerint 14 fajt tömörít) tartozó két faj fordul elő Európában: *Silurus glanis*, *Silurus aristotelis* (Teugels, 1996). E két faj elterjedési területe is csak Görögországban fed át (Kobayakawa, 1989). Természetes hibridjükről nincs tudomásunk, de mesterséges szaporítás során sikeresen, 66-89% kelési ráta mellett, létrehozták a fajhibridet (Hochleithner, 2006). A nemzetség többi 12 faja Közép- és Kelet-Ázsia lakója. Akvakultúrás termelésbe a következő fajok kerültek bevezetésre: *Silurus glanis*, *Silurus asotus*, *Silurus meridionalis* (Ai és Xie, 2006, Triantafyllidis és mtsai., 1999).

6.2. *A harcsa elterjedése*

Eredeti elterjedési területét nyugatról a Rajna vízrendszere, keletről az Aral-tó vízgyűjtője határolja. Európa északi és déli területein többfelé hiányzik. Északon a 60. szélességi fok képezi a határt. A Balkán-félszigeten csak a Duna és a Vardar vízrendszeréből ismert. Svédországban és Finnországban rendkívül ritka. Dániából kipusztult, ugyanakkor a telepítéseknek köszönhetően meghonosodott egész Franciaországban, Spanyolországban, az Appennini-félszigeten, Kis-Ázsiában, a Kaukázusban és a Kaszpi-tengerben is. Angliában szigetszerű az előfordulása (*Pintér, 2002; Triantafyllidis és mtsai., 2002*). Hazánk legtöbb vizében megtalálható (*Harka és Sallai, 2004*), elsősorban a nagyobb folyóink (Duna, Tisza, Körösök, Rába), valamint nagyobb tavaink, holtágaink (Balaton, Velencei-tó, Fertő-tó, Fadd-Dombori Duna holtág, Alcsi-szigeti Holt-Tisza) rendelkeznek jelentős állománnyal. Képes elviselni a sótartalom változását széles határok között, illetve brakkvizes élőhelyeken is előfordul (*Györe, 1995*)

6.3. *A harcsa testfelépítése*

Teste pikkelytelen, feje hatalmas, felülről lapított, törzse rövid, farka hosszú, oldalról lapított. Szája szélesen hasított, melyben alul és felül egyaránt sűrű, kefeszerű elrendezésben apró, hegyes fogak sorakoznak (gerebenfogazat). A felső állkapcsón egy pár hosszú bajuszszál található, mely a mellúszó csúcsán is túlér. Az alsó állkapcsón négy rövidebb bajuszszál található. Szeme apró (*Pintér, 2002*).

Hátúszója csökevényes, a farok alatti úszó ugyanakkor egészen a farokúszóig ér, mely kicsi és lekerekített. A mellúszókat és a hátúszót egy-egy kemény úszósugár teszi erőssé. Úszósugár képlete: $P_D \text{ I/2-4}$, $P_A \text{ I/77-92}$ (*Harka és Sallai, 2004*). Testszíne az élőhelytől függően változik, aranybarnától szürkésfeketéig terjed. Oldalait márványos mintázat tarkítja, mely áttérjed a farok alatti úszóra is. Előfordulnak albínó példányai is (*Pintér, 2002*). Szag- és ízérzékelése, hallószerve, valamint elektromos- és rezgésérzékelése fejlett (*Devitsina és Maljukina, 1977; Maljukina és Martemjanov, 1981; Bretschneider, 1974*). Szeme apró, látása gyenge, leginkább a fényviszonyok változásának érzékelésére szolgál (*Bruton, 1996*).

6.4. A harcsa táplálkozása és növekedése

Az ivadék első táplálékát Cladocera és Copepoda rákok képezik, de hamar megjelenik táplálékspektrumában a Chironomus lárvája is (Horváth és Tamás, 2007), így sokáig vegyes (plankton-bentosz) táplálkozású. Dunai vizsgálatok szerint 24-30 mm-es kortól a plankton fogyasztása visszaszorul, a 30-50 mm-es harcsák már részben ragadozó táplálkozást folytathatnak (Tasnádi, 2005). A növedék és felnőtt harcsák tápláléka igen változatos összetételű, szinte minden megfelelő méretű táplálékot elfogyasztanak, élő és dögöt egyaránt. Fő táplálékuk a hal, de a nagyméretű harcsák étlapján a vízimadaraktól a békán át, egészen a kérészlárváig minden elérhető vízi szervezet szerepel. Kutatások eredményei alapján elmondható, hogy a harcsa méretéhez képest viszonylag kis halakkal táplálkozik (Zaikov és mtsai., 2008a), annak ellenére, hogy élő tömegének 40%-át kitevő zsákmányt is ejthet (Pintér és Pócsi, 2002). Táplálékának mennyiségére és összetételére vonatkozó vizsgálatokat hazánkban Vásárhelyi István (1968) végzett. A Tisza egy Tiszadobhoz tartozó szakaszán vizsgálta több, 0,60-20,0 kg közötti harcsa gyomortartalmát. A gyomortartalom döntő többsége, 70,5 %-a hal volt, elsősorban karika- és dévérkeszeg, de paduc, domolykó, balin, márna, kűsz, selymes durbincs, német bucó, fekete sügér, menyhal, ponty, sőt még harcsa is előfordult. A halon kívül a zsákmány jelentős részét képezte a tiszavirág lárvája (14%) és a béka (7,5%). Emellett kisebb mennyiségben rák- és kagylómaradványok is megtalálhatók voltak a gyomortartalomban. Az olaszországi Pó folyóban egy vizsgálat szerint a 32 cm alatti harcsák gyomortartalmában 77% volt a rákok aránya és további 15% a rovarlárvák részesedése. A 32 cm feletti harcsák gyomortartalmában azonban a gerinctelenek aránya már csak 19% volt, a táplálék 81%-át a halak képezték (Hochleithner, 2006). Egy lengyel tóban a harcsatelepítés után a túlszorodott, idegenhonos cifrarák (*Orconectes limosus*) az első két évben a harcsa gyomortartalmának 51%-át adta. A második év után a rákpopulációt a harcsaállomány sikerrel visszaszorította, így már csak a táplálék 4%-át képezte (Czarnecki és mtsai., 2003). A harcsa táplálékspektrumának szélességére és annak rugalmasságára utal, hogy a nagy folyók torkolatvidékein élő populációkban egyes egyedek specializálódtak a szezonálisan elérhető anadrom halfajok, mint fattyúhering (*Alosa alosa*) fogyasztására (Syväranta és mtsai., 2009).

A harcsa emésztése meleg vízben igen gyors, hidegben azonban jelentősen lelassul (Tasnádi, 2005), így télen csak ritkán, alkalmasszerűen táplálkozik. A lassú anyagcsere

következményeként azonban csak csekély mértékű tömegveszteség tapasztalható a hosszú koplalás alatt.

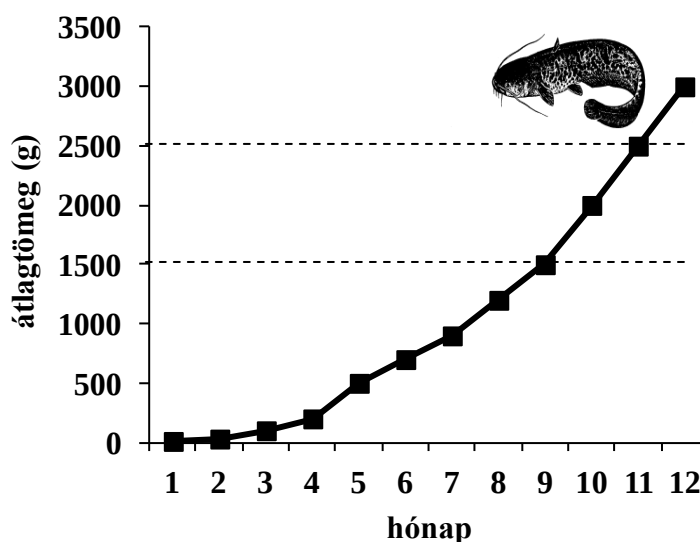
Alapvetően éjszaka táplálkozik, de a nevelés során nappali etetése is problémamentesen megoldható (*Boujard, 1995, Boillet és mtsai., 2001; Rónyai és Ruttkay, 1990*). Táplálkozása intenzív, életmódja passzív. Ebből kifolyólag a táplálékhasznosítása a többi ragadozó fajhoz képest is jónak mondható. Külföldi vizsgálatok alapján természetes táplálékból 6-8 kg kell 1 kg tömeggyarapodáshoz (*Pintér, 2002*). Más szerzők szerint a szükséges mennyiség ennek mintegy a fele (*Adamek és mtsai., 1999; Zaikov et al, 2008a*), ez utóbbit erősítik meg saját tapasztalataim is.

A legtöbb ragadozó halhoz hasonlóan a harcsa is hajlamos a kannibalizmusra (*Doğan Bora és Gül, 2004*), ami a tavi és a medencés nevelésének eredményességét nagymértékben befolyásolja. *Litkei (1990)* azt találta, hogy pontyos bikultúra alkalmazásával (60:1-es harcsa : ponty arány beállításával) jelentősen visszaszorítható a lesőharcsa kannibalizmusa. Saját tapasztalataim alapján rendszeresen, kielégítően takarmányozott harcsa esetében a kannibalizmus 4 cm-es testhossz elérése után megszűnik.

A harcsa növekedését számos tényező befolyásolja: a táplálék mennyisége, elérhetősége és minősége, a fényviszonyok, a víz oxigéntartalma és más fizikai, biológiai és kémiai paraméterek. Mind közül azonban az egyik legfontosabb a víz hőmérséklet, amelynek az anyagcsere és a táplálékfelvétel intenzitásának befolyásolásán keresztül közvetlen hatása van a növekedés sebességére. A harcsa melegigényes halfaj. Magyar kutatók munkái alapján (*Harka, 1984; Oláhné Tóth és mtsai., 1981*) gyarapodásának optimuma 25 °C körül található, francia szerzők szerint ez az érték némileg magasabb, 26-28 °C (*Proteau és Thollot, 1998*)).

A harcsa növekedésével kapcsolatban több kelet-és közép-európai tanulmány íródott (*Bizjaev, 1952; Mihalik és Holcik, 1968; Gyurkó, 1972; Ristic, 1972; Sedlár és Gecző, 1973*), eredményeik között azonban jelentős különbségek is előfordulhatnak, egyes esetekben a realitásuk is kétséges lehet (*Harka, 1986*). Magyarországon kevés publikáció született a harcsa növekedési üteméről természetes vizeken. *Harka (1984)* vizsgálta a tiszai harcsák gyarapodását. A vizsgálatot 140 db, 500-1790 mm-es példányon végezte. Az egyedek életkorát a mellúszó csontsugarából készült csiszolatok alapján határozta meg. Megállapította, hogy a piaci egy-másfél kilogrammos

testtömeget a halak 4-5 év alatt érik el, ami alul marad a Duna, az Urál és a Don vízrendszerében tapasztalt értékeknek, de jobb, mint a cseh, szlovák és román harcsák növekedési erélye. Intenzív nevelés során, optimális körülmények között, magas fehérjetartalmú tápon ugyanez a testtömeg 6-8 hónap alatt elérhető (Hallier és mtsai., 2007). Ezt bizonyítják egy németországi, intenzív harcsanevelő telep által mért növekedési adatok is (1.ábra).



1. ábra: A harcsa növekedése egy intenzív, recirkulációs rendszerben. Torsten Pistol, Ahrenhorster Edelfish GmbH Co., közlése alapján (www.wallerzucht.de). A jelenleg kívánatos piaci mérettartományt szaggatott vonal jelöli.

A növekedés üteme ugyanakkor nagyfokú egyedi változatosságot mutat. A harcsára jellemző a szétnövés, azonos korú egyedek tömege között jelentős különbségek lehetnek (Harka, 1986). Ugyanakkor lassú és gyors növekedésű időszakok váltakozásával ez a különbség hosszú távon mérséklődik. Harcsafélékre jellemző tulajdonság, hogy éhezési periódusok után hatékonyabb a takarmányhasznosítás, valamint a megnövekedett takarmányfelvétel segítségével kompenzálni is tudja a növekedésben mutatkozó lemaradást (Kim és Lovell, 1995; Reigh és mtsai., 2006). A hím egyedek általában gyorsabban nőnek a nőstényeknél, így azonos korú halak közül a hímek többnyire nagyobb tömegűek (Alp és mtsai., 2004). Haffray és mtsai. (1998) szerint ez a különbség az ivari érés későbbi szakaszában válik kifejezetté, azonban ilyenkor akár 17%-os is lehet az ivarok közötti különbség. Ez az ivari dimorfizmus más, rokon fajok körében is jelentkezik. A csatornaharcsa (*Ictalurus punctatus*) esetében a méretkülönbség akár a 43%-ot is elérheti (Bondari, 1990; Dunham és mtsai., 1985; Goudie és mtsai. 1995). Az ivarok közötti jelentős méretkülönbség miatt, a jövőben cél

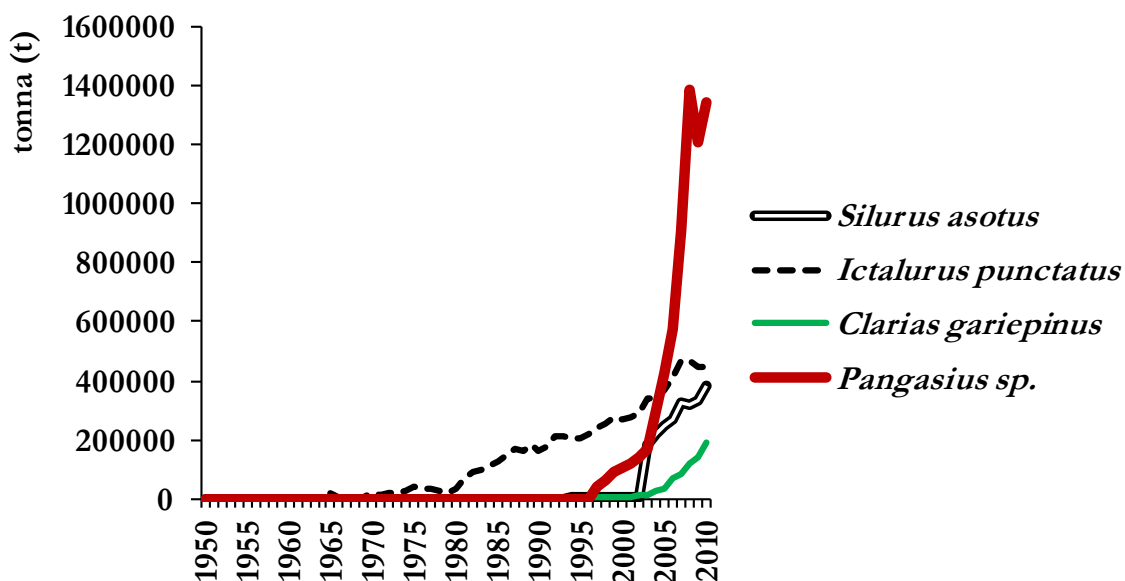
lehet YY genotípusú, monosex hím állományok létrehozása. Ez a genetikai módszer kissé komplikáltabb, mint a monosex nőtény populációk nevelése, de harcán valószínűleg eredményesen elvégezhető. Gynogenetikus és triploid harcsa előállítása már megtörtént (*Krasznai és Márián, 1986, 1994; Linhart és Flajshans, 1995*).

A harcsa teljes élettartamra vonatkoztatott átlagos növekedése lineáris összefüggéssel közelíthető (*Harka, 1984*), az ivarérettség eléréséig tartó szakasz exponenciális görbével írható le.

Európában, a viza után, a harcsa, a második legnagyobbra növő halfajunk. A maximális testhosszt illetően azonban megoszlanak az eredmények: 5 m (*Nikolski, 1957; Deckert, 1974*) 3 m (*Lovassy, 1927; Ristic, 1977*) 2,5 m (*Pintér, 1976*). A régi magyar szakirodalom 250 kg-ban maximálja a harcsa testtömegét (*Herman, 1887; Fekete, 1995*). Napjainkban ekkora halak felbukkanására nem számíthatunk, realisabb a 2,5 m hosszú, 120 kg tömegű felső határ. *Harka (1984)* eredményei alapján a maximális testhossz 3,75 m. A korai irodalomban emlegetett hatalmas példányok eltűnésének oka feltehetően nem a genetikai potenciál megváltozása, hanem a környezeti viszonyok megváltozása, ill. a fogások intenzitásának növekedése miatt csökkenő átlagéletkor. A jelenlegi horgász világrekordot egy magyar horgász állította be 2010-ben a Pó folyón, egy 135 kg-os harcsa megfogásával.

6.5. Harcsafélék termelése és hasznosítása hazánkban és a világban.

A világ akvakultúrák termelésében a harcsaalakúak (*Siluriformes*) részaránya eltörpül a pontyalakúak (*Cypriniformes*), sügéralakúak (*Perciformes*) és lazacalakúak (*Salmoniformes*) termelési hányada mellett. Ha az édesvízi akvakultúrára szűkítjük a kört, ez az arány lényegesen javul, a harcsaalakúak az össztermelés 17,5%-át adták 1996-ban és az emelkedő tendencia azóta is folytatódik (*Cacot és Hung, 1997*). 7 családból összesen 15 faj került be az akvakultúrában hasznosított fajok körébe. Ezek közül négy faj jelentős mennyiségben kerül előállításra minden évben: cápaharcsa (*Pangasius sp.*), csatornaharcsa (*Ictalurus punctatus*), amuri harcsa (*Silurus asotus*) és az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) (<http://www.fao.org/fishery>). A termelésbe bevont harcsafajok közül egyedül a lesőharcsa (*Silurus glanis*) mérsékelt égövön tenyésztett faj, az összes többi a trópusi és szubtrópusi területek hala. Mind a négy faj éves termelése, a lesőharcsához hasonlóan, intenzív emelkedő tendenciát mutat (2. ábra).



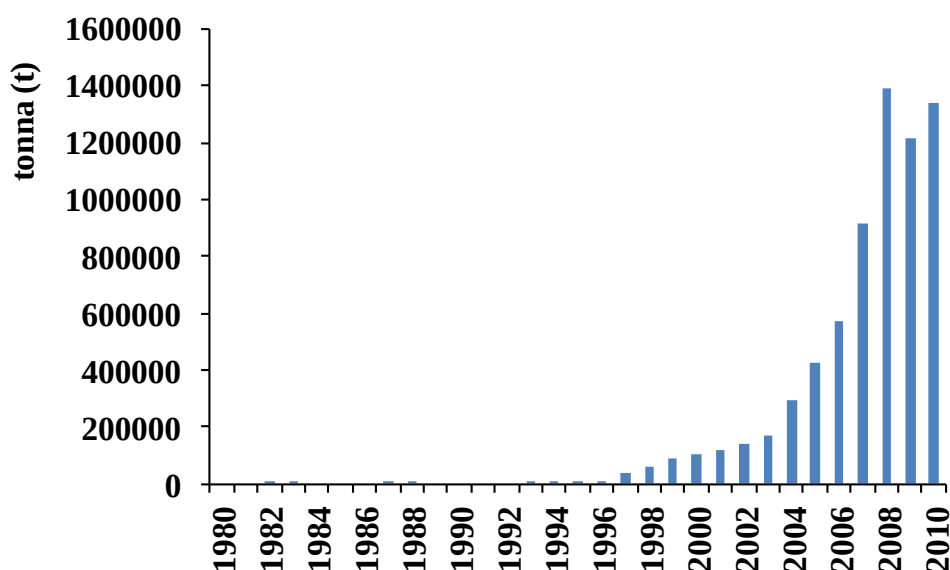
2. ábra: A négy jelentősebb harcsafaj termelési adatai 1950 és 2010 között. Forrás: FAO FishstatJ, 2013. 08. 14.

6.5.1. *Pangasius sp.*

Magyarországon cápaharcsa vagy *Pangasius* néven kerül az üzletekbe. A legnagyobb mennyiségben előállított harcsaféle. 2010-ben az éves termelése meghaladta az 1 343 000 tonnát (3. ábra). Elsősorban délkelet-ázsiai országok foglalkoznak az előállításával (Vietnám, Indonézia, Thaiföld, Malajzia, Kambodzsa, Mianmar), közülük is kiemelkedik Vietnám, hiszen a világtermelés 85%-át egymaga adja (Griffiths és mtsai., 2010). *Pangasius* név alatt egy fajcsoportot értünk, amiből két hasonló, rokon fajt (*Pangasius bocourti*, *Pangasianodon hypophthalmus*) termelnek hasonló módszerekkel. Korábban a *Pangasius bocourti* úszó, folyami ketreces termelése volt jellemző, majd 1994-től egyre inkább a *Pangasianodon hypophthalmus* vált a meghatározó fajjává. 2002-ben már ez utóbbi adta a vietnámi harcsatermelés 90%-át, 2007-ben pedig ez az arány már 95-97% volt (Váradi és Phuong, 2009).

Üzemi körülmények között nem szaporodik, ezért a telepítésre szánt ivadékállomány vadfogásból illetve keltetőházi, hormonindukált szaporításból származik (Pillay és Kutty, 2005). Vietnám már áttért a keltetőházi ivadék ellátásra, más országok azonban még vadon fogott ivadékállománnyal telepítik termelő rendszereiket (Hung és mtsai., 2002; Slembrouck és mtsai., 2009). Hormonindukált szaporítása a pontyhoz hasonlóan történik, HCG-vel való oltással indukálják az ivartermékek érését, majd száraz fejest

alkalmazva termékenyítik. Az ivadékot néhány száz négyzetméteres tavakban két fázisban előnevelik természetes takarmány, szójaliszt és pelletált haltáp kombinációjával kb. 15-20 g-os méretig (Griffiths és mtsai., 2010).



3. ábra: A *Pangasius* sp. össztermelésének alakulása 1980-2010 közötti időszakban.
Forrás: FAO FishstatJ, 2013. 08. 14.

Ezután az ivadék a nevelő farmokra kerül, ahol három különböző termelési mód terjedt el. A folyóvizek közvetlen közelében, pár ezer négyzetméteres földmedrű tavakban, napi néhány órás vízátfolyást biztosítva, mely akár napi 30%-os vízcserét is jelenthet, 250-300 t/ha (kivételesen 500t/ha) hozamot érnek el (Phan és mtsai., 2009). A hálóketrecek mérete, melyek a folyó deltavidékén jellemzőek, 50 és 1600 m³ között változik. Ezekben 100-120 kg/m³ hozam érhető el. A harmadik termelési mód elkerített folyószakaszok intenzív népesítését jelenti. Ezzel a módszerrel 300-350 t/ha hozam érhető el átlagosan. A korábban elterjedt ketreces nevelést mára túlnyomórészt felváltotta a kistavi termelés. A *Pangasius* nevelése alapvetően kisüzemi, családi méretekben folyik 4,1 ha átlagos tómérettel (Phan és mtsai., 2009). A fenti termelési módok monokultúras népesítést alkalmaznak. Korábban előfordult a faj(ok) tavi, polikultúras termelése is, de mára háttérbe szorult, majd eltűnt.

A rendkívüli hozamokat az teszi lehetővé, hogy a *Pangasius* fajok fakultatív módon a légköri oxigént is hasznosítani képesek, így elviselik az 1 mg/l alatti oxigén koncentrációt is, a víz szennyezettségét és a magas telepítési sűrűséget is.

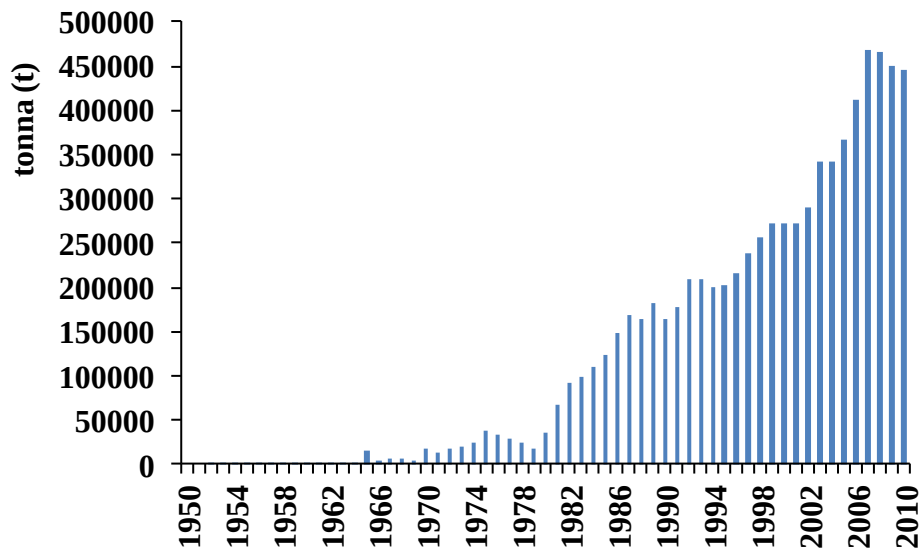
Növekedése és takarmányértékesítése nagyon jó, az 1-1,5 kg-os testméretet 6 hónap alatt eléri. Az 1990-es években a legtöbb gazdaság saját maga készítette a harcsák takarmányát, szeméthalak, szója- és vérliszt, rizsipari melléktermékek, zöld növények és vitaminok felhasználásával. 2008-tól kezdődően a szigorúbb élelmiszerügyi előírásoknak köszönhetően kialakult egy trend, ami szerint egyre inkább a kereskedelmi haltápok használatára térnek át a nevelés első és utolsó időszakában. A köztes időszakban még ma is gyakori a házi készítésű takarmányok használata költségcsökkentés céljából. A *Pangasius* takarmányértékesítése 2,8-3 a házi készítésű takarmányok és 1,7-1,9 a kereskedelmi haltápok használata során (Griffiths és mtsai., 2010). A *Pangasius* számára készített tápok 17,9-22,6% nyersfehérje tartalmúak (Váradi és Phuong, 2009).

A délkelet-ázsiai országok 80 országba exportálják a *Pangasius* filét, elsősorban az Európai Unióba, Oroszországba, Mexikóba és az Egyesült Államokba. Helyben élő halként árusítanak kisebb mennyiségben (Griffiths és mtsai., 2010).

A jövőben az ázsiai harcsaipar számára a gyenge ivadékellátás (Baras és mtsai., 2010), a nagy telepítési sűrűség következtében fellépő betegségek, elsősorban baktériumos fertőzések, a rossz vízminőség és a klímaváltozás jelentik a főbb kihívásokat (Phan és mtsai., 2009; Váradi és Phuong, 2009).

6.5.2. Csatornaharcsa (*Ictalurus punctatus*)

A csatornaharcsa vagy pettyes harcsa (*Ictalurus punctatus*) a Mississippi vízgyűjtőjén őshonos, a lesőharcsával rokon, mindenevő harcsaféle. Jelenleg a csatornaharcsa fő termelője az USA. Az ország produktuma évente kb. 270 000 tonna. A többi jelentősebb harcsatermelő országgal (Kína, Kuba, Mexikó, Brazília) együtt az össztermelés kb. 450 000 tonna/év (4. ábra). Észak-Amerikában a harcsaipar az 1960-70-es években kapott nagy lendületet. Mára a csatornaharcsa termelésére fenntartott tavak területe az USA-ban már meghaladta a 36 000 ha-t (Stickney, 2010). A hozamokról igen eltérő jelentések találhatók az irodalomban. Brown és mtsai. (2011) szerint az átlagos termelési intenzitás 4,5-5,5 t/ha, de előfordul 7 t/ha-s érték is. Pillay és Kutty (2005) átfogó munkájukban már csak 1,5-3 t/ha hozamot említene, 3700-4900 db/ha telepítési sűrűség mellett.



4. ábra: *A csatornaharcsa, Ictalurus, punctatus, össztermelésének alakulása 1950-2010 közötti időszakban. Forrás: FAO FishstatJ, 2013. 08. 14.*

Termelése során ketreces tartást, átfolyóvízes, medencés technológiát egyaránt alkalmaznak, de elsősorban földmedrű tavakban zajlik a harcsa nagyüzemi előállítása (Brown és mtsai., 2011). Az amerikai technológia szerint, a tavakban vegyes népesítésben, azaz több korcsoportos monokultúrában tartják a halakat, Kínában pedig tavi polikultúrát alkalmaznak pl. ponttyal, busával (Stickney, 2010). Az Amerikai Egyesült Államokban kisebb részarányban előfordul bikultúrás termelése szivárványos pisztráng (*Onchorhynchus mykiss*) mellett (Pillay és Kutty, 2005).

Az ivadékokat természetes tavi ívatással vagy keltetőházi szaporítással állítják elő. Az ikrából kikelő ivadék szikzacskója 3-5 nap alatt szívódik fel. Ezt követően 45-50% nyers fehérje tartalmú, por alakú tápokkal (gyakran pisztráng starter tápok) etetik az ivadékokat. Ilyenkor a halakat zárt, ellenőrzött rendszerben tartják maximum 10 napig. Ekkor a napi takarmányadag a teljes biomassza kb. 25%-a, melyet naponta 8-10 alkalomra osztanak szét. Ezt követően nevelő tavakba helyezik ki őket. Ezeket a tavakat trágyázzák, mert a takarmányozást a természetes táplálékra (zooplankton, rovarok) alapozzák. Ezzel párhuzamosan mesterséges takarmányozás is folyik, melynek célja a tápra szoktatás. 3-5 cm-es testhossz elérése után már 35% nyersfehérje tartalmú zúzott vagy apró, extrudált tápokkal etetnek napi egy-két alkalommal, étvágy szerint. Ebben a korban az állati fehérje nem hagyható el még teljesen a takarmányból. Amint a halak eléri a 12-18 cm-es testhosszt, 28-32%-os nyersfehérje tartalmú tápokra térnek át és ezzel etetik az állományt a piaci méret eléréséig. Az ivadéknevelő tápokban a halliszt

menyisége 45-50%, növedéktápokban 12%, a piaci hal neveléséhez már csak 0-8% hallisztet tartalmazó tápok használják (Robinson és mtsai. 2001).

A kutatások szerint a tápok 8% halliszt tartalma akár teljes egészében kiváltható más állati fehérjével, pl. hús-, csont- és vérliszt megfelelő keverékével (Hu és mtsai., 2008; Millamena, 2002; Wang és mtsai., 2008). Sok esetben a tápok 2-4% hallisztet tartalmaznak, a maradék 4-6 % egyéb állati fehérjéből származik. Az ivadék számára nélkülözhetetlen az állati fehérje, de 15-17 cm-es testhossz felett a tápokban az állati fehérje teljes mértékben helyettesíthető növényi fehérjével (Robinson és Li, 2007). A széles körben használt csatornaharcsa nevelőtápok főbb összetevői a szójaliszt, a gyapotmag-liszt, a kukoricaliszt, a földimogyoró liszt és a búza növényi olajokkal, valamint vitaminokkal és ásványi anyagokkal kiegészítve (Robinson és mtsai., 2006). A takarmányértékesítés átlagosan 2 kg/kg (Pillay és Kutty, 2005).

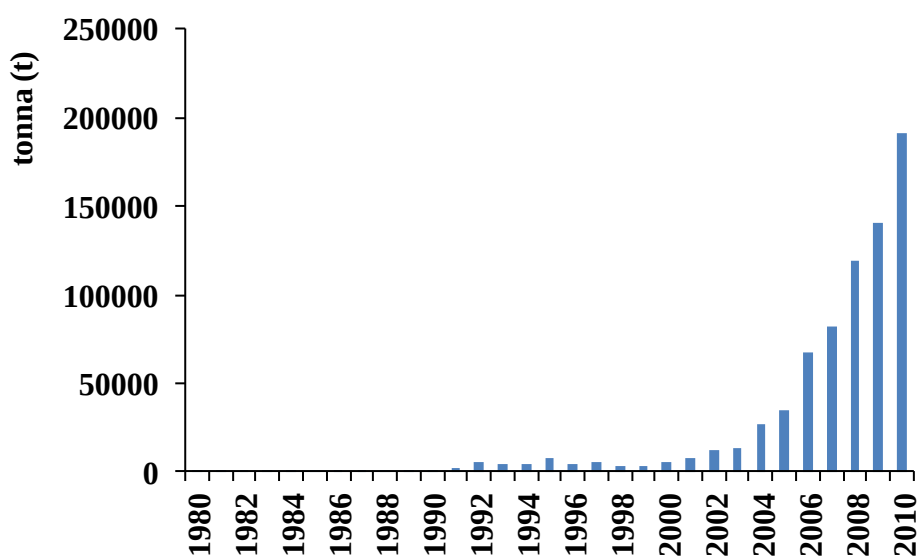
Robinson és Li (1999) nagyüzemi, tavi körülmények között, több ezer állat felhasználásával állomány szintű kísérleteket folytattak a szükséges fehérjemennyiség meghatározása céljából. Ezek eredményei a következők. 26-35% közötti nyersfehérje tartalmú tápok vizsgálva megállapították, hogy a csatornaharcsa számára a 28-32% fehérjetartalmú tápok megfelelők piaci hal nevelése során. A piaci halak nevelőtápjából teljes mértékben ki tudták váltani az állati fehérjét növényi összetevők alkalmazásával. A növényi fehérjés tápok esetén is lépést tudott tartani a 28% fehérjetartalmú táp teljesítménye a 32%-os fehérjetartalmú táppal. Ráadásul a hasúri zsír mennyisége is csökkent az állati fehérjés tápok használatához képest.

A csatornaharcsa számára ivadékkortól kezdve lebegő tápok kínálnak, hogy a harcsa megszokja, hogy vízfelszínről kell táplálkoznia. Ennek a módszernek nagy előnye, hogy elkerülhető a takarmánypazarlás (Robinson és mtsai. 2001). A piaci méret az USA-ban általában 500-1400 g. A faj termelési ciklusa nem egészen két év tavi körülmények között (Pillay és Kutty, 2005). Az USA iparát az ázsiai harcsaimport és a takarmány-alapanyagok beszerzési nehézségei fenyegetik (Stickney, 2010).

6.5.3. Afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*)

Nem kizárólagosan ragadozó harcsafaj, a hal mellett dögöket, rovarokat, sőt növényeket is fogyaszt (Hochleithner, 2006). Termelésbe vonása az 1950-es években indult, de csak a 80-as években kapott nagyobb lendületet, mesterséges szaporításának kidolgozásával. Az 1990-es években átlagosan 4160 tonnát termeltek évente (90%-át

Nigériában), 2010-re az éves össztermelés már meghaladta a 190 000 tonnát (5. ábra). Európai termelése az 1980-as évek közepén indult, elsősorban Hollandiában, Belgiumban és Magyarországon (Hochleithner, 2006). Az említetteken kívül jelentősebb termelő még Brazília, Kína, Szíria, Mali, legfőbb termelője pedig jelenleg is Nigéria (Pouomogne, 2010). E faj tekintetében hazánk is jelentős termelőnek számít az évi körülbelül 2000 tonnás hozammal. Jelenleg három üzem állít elő afrikai harcsát. 2011-ben az össztermelés az intenzív telepeken 2110 tonna volt, ez a hazai haltermelés csaknem 10%-a (Jámborné Dankó és Bardócz, 2012). Hazai tenyésztési és takarmányozási technológiáját a szarvasi Halászati és Öntözési Kutatóintézetben dolgozták ki (Radics, 1990). Az afrikai országok elsősorban földmedrű tavakban állítják elő monokultúrában, illetve bikultúrában nílusi tilápiával (*Oreochromis niloticus*). Egyes ázsiai országokban megtalálható tavi, ketreces nevelése is, ahol a tóban szintén nílusi tilápiát nevelnek. A legfőbb afrikai termelő, Nigéria, illetve az európai országok, átfolyóvízes vagy recirkulációs rendszerben tartják az afrikai harcsát. A mérsékelt övi országokban meleg víz szükséges az afrikai harcsa előállításához, így a telepek geotermális kutakat vagy erőművek hűtővizét hasznosítják (Pouomogne, 2010).



5. ábra: Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) össztermelésének alakulása 1980-2010 közötti időszakban. Forrás: FAO FishstatJ, 2013. 08. 14.

A levegő oxigénjét is hasznosítani képes, magas ammóniatűrővel rendelkező halfaj, ezért rendkívül nagy telepítési sűrűséget visel el (Radics, 1990; Pillay és Kutty, 2005). A telepítési sűrűség földmedrű tavakban kb. 150-300 kg/m³, az éves hozam így, egy négyzetméterre vetítve 1-1,5 t, hektáronként kb. 10 tonna. A piaci mérete 0,8-1 kg, amit 6-8 hónap termelési ciklus alatt érnek el a halak (Hochleithner, 2006). Az átfolyóvízes,

illetve recirkulációs rendszerekben ennél jóval nagyobb telepítési sűrűség (700-1000 kg/m³) és hozam (≥ 1000 kg/m³) érhető el (Pouomogne, 2010).

Hazánkban az ivadék előnevelése zárt, vagy átfolyóvízes kádakban történik, 200-400 db/l egyedsűrűség mellett. Az előnevelés 1-2 g-os méretig tart 28-30 °C-os vízben. A kezdeti *Artemia salina* lárvával való táplálást követően, a második héttől megkezdődik az ivadék száraz táphoz szoktatása. Átfolyóvízen 100-300 kg/m³ hozamot érnek el az áruhal nevelése során, földmedrű tóban hektáronként 30-60 tonnát. A faj nagyon jó növekedési eréllyel és takarmányértékesítéssel rendelkezik. Az 1000-1500 g-os piaci méret 8-10 hónapos nevelés alatt érhető el, 1-1,3-as takarmányegyüttható mellett (Radics, 1990)

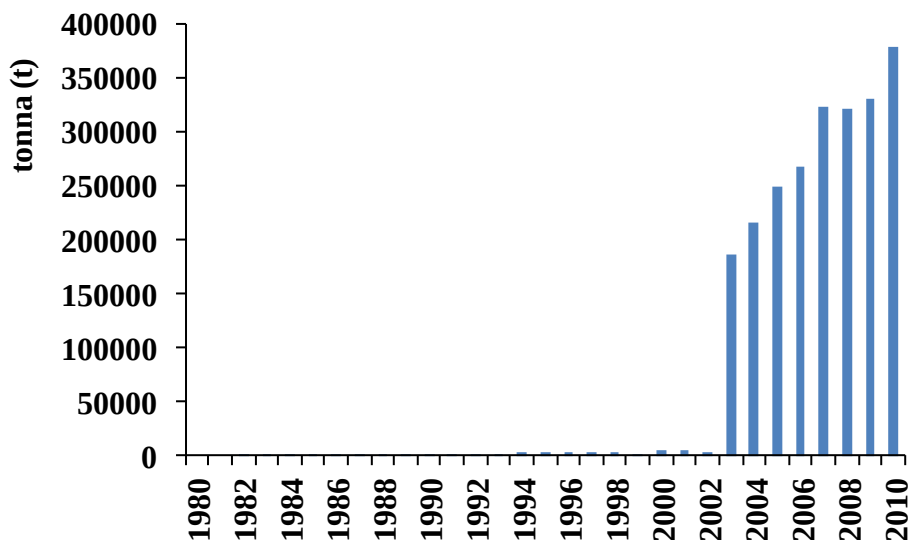
Szaporításához különböző mesterséges hormonkészítményekkel (pl. HCG), illetve különböző fajokból nyert hipofízis kivonattal való oltása szükséges. Mesterséges termékenyítés alkalmazása esetén a hímek anatómiai okokból nem fejthetők, operálásuk szükséges. Az ivari dimorfizmus erős méretbeli különbségként jelentkezik a hímek javára (Pillay és Kutty, 2005). Sok gazdaságban nem tiszta *Clarias gariepinus*-t nevelnek, hanem *Heteroclarias* névvel illetett hibrideket *Heterobranchus longifilis* ikrástól és *Clarias gariepinus* tejestől. A hibridek nem fertilisek, ugyanakkor erőteljesebb növekedési eréllyel rendelkeznek, mint a szülőfajok egyedei (Pouomogne, 2010).

A Szaharától délre lévő államokban jelenleg az akvakultúrás termelés fő hala, közvetlenül a tilápia előtt. A fajjal szemben mutatkozó piaci igény továbbra is, folyamatosan növekszik, halászati szakemberek a jövő egyik édesvízi sikerfajának tartják (Pouomogne, 2010).

6.5.4. Amuri vagy japán harcsa {*Amur catfish*, *Japanese catfish*}, *Silurus asotus*

Az európai lesőharcsánál kisebbre, kb. egy méteresre növő, ragadozó halfaj. Fő táplálékát a halak és vízi gerinctelenek adják. Kelet-Ázsia édesvízeiben széles körben elterjedt faj, elsősorban Kína, Japán, Tajvan és Korea területén. Kínában és Japánban gazdasági szempontból is értékes hal, étkezési célú felhasználása mellett, a hagyományos kínai orvoslás is alkalmazza (www.planetcatfish.com). A fajjal kapcsolatos tudományos ismeret szegényes, kevés az elérhető szakirodalom (Shirai és mtsai., 2002). Napjainkban a faj alapvető tápanyagigénye még nem ismert. A gazdaságokban 35-46% nyersfehérje tartalmú tápokkal etetik, amiben a halliszt 20-

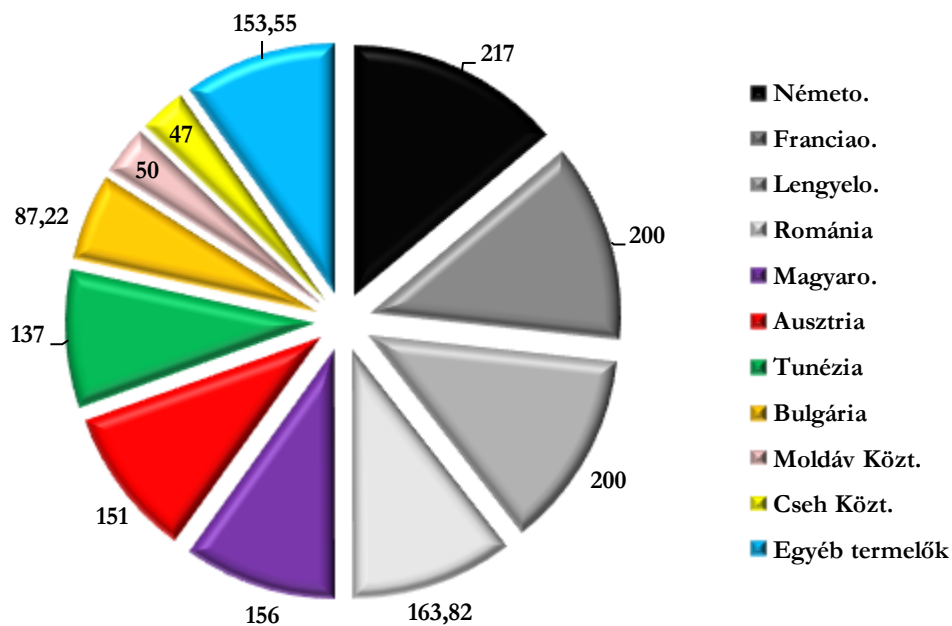
40%-ot képvisel (Liu és mtsai., 2013). A faj termelésbe vonása új keletű, de ipara rendkívül dinamikusan fejlődik. Mesterséges szaporítását csak az 1990-es évek végén, 2000-es évek elején dolgozták ki (Miwa és mtsai., 2001). Ugyanakkor 2010-ben az össztermelés megközelítette a 400 000 tonna éves mennyiséget (6. ábra).



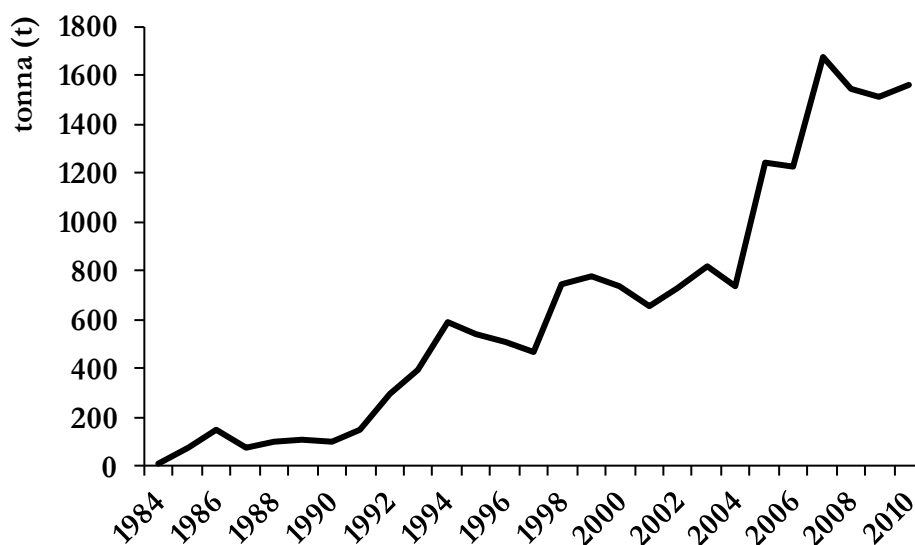
6. ábra: A japán harcsa (*Silurus asotus*) össztermelésének alakulása 1980-2010 közötti időszakban. Forrás: FAO FishstatJ, 2013. 08. 14.

6.6. A lesőharcsa hasznosítása hazánkban és Európában

Gazdaságilag jelentős halfajunk, mind étkezési, mind pedig sporthorgász szempontból. A harcsa az amur és az afrikai harcsa mellett a jövő sikerfaja lehet az édesvízi akvakultúrában. Éves termelési értéke világviszonylatban 2000 és 2006 között 2 millió dollárról 5 millió dollárra emelkedett (Váradi, 2009). Jelenleg a világon előállított lesőharcsa összmenyisége kb. 1700 tonna és folyamatosan növekszik (Linhart és mtsai., 2004). Legjelentősebb termelői Németország, Franciaország, Lengyelország és Románia (7. ábra). Hazánk jelenleg az ötödik legnagyobb lesőharcsa termelő ország, mindazonáltal az évente előállított harcsa mennyisége csekélynek mondható (8. ábra). 2011-ben az évi tógazdasági harcsatermelés mindössze 259,8 tonna volt az összesen előállított 22585 tonna halból (Jámborné Dankó és Bardócz, 2012). Ugyanakkor Nyugat-, és már Kelet-Európában is gyarapszik az étkezési harcsát előállító tógazdaságok, illetve intenzív haltelepek száma.



7. ábra: A lesőharcsa éves össztermelése tonnában megadva, az egyes országokban, 2010-ben. Forrás: FAO FishstatJ, 2013. 08. 14.



8. ábra: A lesőharcsa európai össztermelésének alakulása 1984 és 2010 között. Forrás: FAO FishstatJ, 2013. 08. 14.

Az Európa szerte terjedő tógazdasági termelését (Linhart és mtsai., 2004; Triantafyllidis és mtsai., 2002; Váradi, 2009) elsősorban magyarországi eredmények tették lehetővé. Több hazai szakember szerzett nemzetközi hírnevet a harcsaszaporítás és nevelés technológiájának kidolgozása kapcsán: Antalfi Antal, Jászfalusi Lajos,

Szalay Mihály, Woynárovich Elek, Horváth László és sokan mások. A hazai tenyésztés az 1920-as években kezdődött Biharugrán (Pintér, 2002).

Jelenleg polikultúrák tógazdaságainkban, mint értékes, gyomhalirtó mellékhalat alkalmazzák az össztermelés 1-2 százalékában (Hancz, 2007; Horváth, 2000; Pintér, 2002; Raat, 1990; Zaikov és mtsai., 2008a). Ezt a szerepét annak köszönheti, hogy a pontytermelő tavakban eredményesen ritkítja az oda bekerülő, káros szeméthalakat (különösen az ezüstkárászt). Ezzel a tevékenységével igen hasznos feladatot lát el, hiszen a ponty táplálék-konkurensait ritkítja. Megfelelő korösszetétel megválasztása mellett a harcsa nem tesz számottevő kárt a gazdaságilag értékes állományban. Laboratóriumi körülmények között Zaikov et al (2008b) azt tapasztalták, hogy az egynyaras harcsa fogyasztásában az idegenhonos gyomhal, kínai razbóra (*Pseudorasbora parva*) pozitív preferenciával szerepelt az azonos méretű pontyivadékkal szemben. A harcsa táplálékpreferenciáját a halak alakja nem befolyásolta (Adamek és mtsai., 1999). Ugyanakkor az áruhal termelő tavakban az alkalmanként előforduló vadívásból származó, értéktelen és a haszonhalaknak táplálékkonkurenciát jelentő, ivadékállomány ritkítására is alkalmas. Azzal, hogy szívesen fogyasztja az elpusztult élőlényeket, a tavakban fontos egészségügyi szerepet is betölt, mert eltávolítja a különböző fertőzéseket hordozó, illetve betegségtől elpusztult halakat (Horváth, 2000; Pintér, 2002; Zaikov et al, 2008b).

A harcsa húsa fehér, szálszálmentes, ízletes, megfelel a jelenlegi fogyasztói igényeknek. Fehérjeter tartalma 16-19%, zsírtartalma közepesnek (3-4%) mondható (Tasnádi, 2005), de az idősebb példányok jelentős zsírréteget halmozhatnak fel a bőrük alatt. Nagy feje ellenére vágási veszteségei alacsonyak (34%) (Pintér, 2002). Kiemelt értékei miatt magas piaci áron értékesíthető. 2013 nyarán a németországi piacokon 13-16 €, a balatoni halpiacokon pedig 4500 Ft volt egy kilogramm bőrös harcsafilé kiskereskedelmi ára (Naß, 2013, www.balatonihal.hu, www.wallerzucht.de, 2013.08.26.). Ezért, és a táplálkozás és növekedés, illetve bevezetés című fejezetekben korábban már említett pozitív tulajdonságai miatt (gyors növekedés, ellenállóság, kiváló húsmínőség stb.), akár intenzív rendszerekben is eredményesen és gazdaságosan nevelhető (Hancz, 2007; Horváth, 2000; Talpeş és mtsai., 2009; Ulikowski és mtsai., 2003). Borsos és munkatársai (2007) kimutatták, hogy intenzív körülmények között nevelve, az indukált szaporításának hatékonysága jelentősen növelhető. Péteri és mtsai. (1983) az anyaharcsák intenzív polikultúrában való nevelhetőségét vizsgálták. Azt tapasztalták, hogy intenzív népesítés mellett a halak lassabban nőnek, mint egy ritkább

népesítésű polikultúrában, ugyanakkor a gonádépítésben nem tapasztaltak hátrányos különbséget.

Kiss és Horváth (1978) azt találták, hogy harcsaivadék tavi nevelése során a legjobb eredmények a fehér busa - harcsa kombinált népesítés esetén érhető el. Felhívják ugyanakkor a figyelmet a száraz tápokkal elért bízató eredményekre is, ami a sikeres intenzív termelés egyik alapvető feltétele. Szarvason dolgoztak ki egy négyfázisú harcsanevelési technológiát, mely a következő elemekből épül fel: ivadék intenzív, medencés nevelése *Tubifex*-en; továbbnevelés tóban, monokultúrában plankton szervezeteken, majd granulált tápon nevelve; és végül polikultúrák tavi nevelés granulált tápon. Ezzel a technológiával fél kilogrammos átlagtömeget lehetett elérni a második év végére (*Krasznai és mtsai.*, 1980), majd az 1980-as években ugyanitt már hálóketreces kísérleteket is folytattak (*Pintér*, 2002). Más szerzők igazolták, hogy hazai körülmények között a harcsa medencés előnevelése is sikeres lehet (*Kozák*, 2009b).

Müller és Müller (1993) szerzőpáros egy családi farmgazdálkodásként üzemeltethető harcsatermelési technológiát mutat be. Az elképzelt és kipróbált módszer egy melegvizes medencés és földmedrű tavas rendszer kombinációját jelenti, amelynek segítségével a 1,5 kg-os átlagtömegű piaci hal 18 hónap alatt érhető el. A szerzők gazdasági elemzést is végeztek, meghatározták a fedezeti pontokat és az akkori piaci viszonyok között úgy találták, hogy a termelés gazdaságosan művelhető és siker esetén átlag feletti jövedelmet biztosít.

A harcsa intenzív, üzemszerű nevelésére számos példa van Európában. Németországban például egyetlen család évi 120 tonna piaci harcsát állít elő recirkulációs rendszerben (www.wallerzucht.de).

Romániában a polikultúrák haltermelésben a hazainál valamelyest nagyobb arányban, 5-10%-al szerepel. A fogyasztói piacokon a részesedése ugyanakkor már 15%. A különbség a természetesvízi fogásokból származik. Ugyanakkor az intenzív termelés egyre nagyobb teret kap, főleg átfolyóvizes rendszerekben (*Talpeş és mtsai.*, 2009). *Muscalu és mtsai.* (2010) beszámolnak egy kísérletről, ahol a harcsát jó eredménnyel nevelték, mint kiegészítő faj, intenzív toktelepen. A tokok számára szükséges hidegvízi időszakban, 17 °C alatt, a harcsa ugyan nem táplálkozik, nevelésével viszont elérték, hogy a rendszer gyorsabban termeljen jövedelmet.

Lengyelországban szintén kísérleteztek harcsa és tok bikultúrájával tápon nevelve, intenzív tavi körülmények között. Azt tapasztalták, hogy a tok növekedése harcsával

együtt nevelve jobb volt, mint monokultúrában. A túlélési rátát a bikultúra nem befolyásolta (*Ulikowski és mtsai., 2003*).

Más közép-európai országokban, így Csehországban is, a hazaihoz hasonló módon a harcsa előállítását ponty alapú, tavi polikultúrában történik hektáronként 100-150 db halat telepítve. Egyre nagyobb azonban a jelentősége a zárt, fűtött rendszerben való harcsatermelésnek is. Ezekben a rendszerekben folyamatosan 25-28 °C-t tartanak és a takarmányozást mesterséges takarmánnyal, pisztrángtáppal végzik (*Linhart és mtsai., 2002*).

Franciaországban a faj nem volt őshonos, az 1950-es években került be, majd a német piaci lehetőségekre felfigyelve, a 60-as években megindult a termelése. A 80-as években a francia harcsatermelés nagyobb lendületet kapott minisztériumi ösztönzésre és támogatásra. Az amerikai csatornaharcsa ipar mintájára tavakat és feldolgozókat építettek, kutatási és oktatási programokat indítottak, így mára Franciaország a második legjelentősebb harcsatermelő országgá vált. Napjainkban a modern halkeltető állomások gyakorlatilag az év bármely szakában biztosítanak elérhető harcsalárvát.

Több termelési módozat is elterjedt, nevelik geotermikus vizekben, intenzíven kettecekben vagy kisméretű tavakban egyaránt, 15-20 kg/m³ telepítési sűrűségben. Extenzívebb tavi kultúrában, 0,5-2 ha területű tavakban, akár polikultúrában is 1 t/ha harcsahozamot érnek el. A piaci 1,5-3 kg-os méretet két év alatt érik el a halak 25-28 °C-os vízben és három év alatt változó, környezeti hőmérséklet esetén. A harcsalárvát már a kezdetektől mesterséges tápokkal etetik, amelyeknek fehérjetartalma 40-50% között változik. Ilyen körülmények között, az áruhalnevelés során a takarmányértékesítés 1,1-1,3 (*Linhart és mtsai., 2002*).

Békési (1986) az intenzív halnevelés, azon belül is a harcsanevelés, állategészségügyi veszélyeire hívja fel a figyelmet. Az intenzív harcsatermelési technológia legfőbb hátráltató tényezője a harcsát fenyegető különböző betegségek, különösen a darakór és a kopoltyúférgesség jelenléte (*Linhart és mtsai., 2002*).

A harcsa a horgászat számára is értékes faj, a történelem során a harcsafogás számos módszere alakult ki. Ezek nagy része ma már csak néprajzi emlék, napjainkban a halászok kuttyogatással és varsával fogják. A halászat visszaszorulása miatt a harcsa fogása is csökkenő tendenciát mutat, a horgászok körében azonban növekszik a népszerűsége (*Pintér, 2002*). Fogása korlátozás alá esik: legkisebb fogható mérete 60

cm, a 100 cm alatti egyedekre vonatkozó tilalmi idő: május 2. – június 15. (133/ 2013. (XII.29.) VM rendelet).

Rejtőzködő életmódjából következően visszafogása nehézkes lehet akadókkkal, búvóhelyekkel jól ellátott víztesteken. Ilyen esetekben gazdasági és biológiai szempontból is káros lehet a telepítése. Természetes vizeken az állomány nagyságát nem a telepítés, hanem elsősorban a vízszint változása, az áradások időpontja, időtartama és lefutása határozza meg. Gazdasági szempontból kívánatos állománynövelése tehát ívóhely rehabilitációval lehet leginkább eredményes (Pintér 2002).

6.7. A halliszt termelés helyzete és problémái

2010-ben a világ halászati és akvakultúrák termelésének több mint 86 %-a (több mint 128 millió tonna) került közvetlenül felhasználásra a humán ételmezésben. A maradék 14% elsősorban az állati takarmányok előállításánál során hasznosult, főleg halliszt és halolaj formájában (FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2012). Kisebb arányban, zömmel alacsonyabb értékű halak, közvetlen takarmányként értékesülnek a haszonállat tenyésztésben és az akvakultúrában. Egy harmadik gyakorlat szerint a halhúst mezőgazdasági melléktermékekkel (pl. gabonakorpa) keverve etetik fel más, gazdaságilag fontos halakkal.

2010-ben a halliszt nyersanyagaként szolgáló halak mennyisége 15 millió tonna volt. Ez a mennyiség a 75%-a a 2006-ban ugyanerre a célra használt halmennyiségnek. A halliszt célú felhasználás 1994-ben volt a legnagyobb, összesen 30 millió tonna (FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2009).

A 2006-ban megfigyelhető csökkenés a tengeri halfogásokban kb. 10% volt az Atlanti-óceán délkeleti és a Csendes-óceán délnyugati halászvizein. Ennél is nagyobb volt a csökkenés a fogásokban a Csendes-óceán délkeleti részén, Peru és Chile partjainál. Ez a közvetlen humán ételmezésben kisebb jelentőséggel bír, mert a fogásokban elsősorban a kistermetű, pelágikus fajok mennyisége csökkent. Ezek a fajok képezik azonban a halliszt és a halolaj fő nyersanyagát. Ugyanezek a halak rendkívül fontos szerepet töltenek be a tengeri ökoszisztémákban. Tömegességük, szaporaságuk és kis méretük miatt a legtöbb másodlagos fogyasztó és csúcsragadozó, halak, cetek, fókák, madarak, fő táplálékbázisát képezik, így azok populációi közvetlenül és alapvetően ezeknek a fajoknak a meglététől és mennyiségétől függ (Hall, 2011).

A korábbi évtizedekben a halliszttermelés viszonylag stabil volt, éves szinten 5 és 7 millió tonna között változott. Az elmúlt évtizedben azonban ingadozó mértékű csökkenés volt megfigyelhető a halliszt produkcióban. Ezt leginkább a már korábban említett, kis méretű, pelágikus fajok (ancsovéták) fogásának csökkenése okozta. A halliszt célú tengeri fogások mennyisége éves szinten 1,7%-kal csökken (*FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2012*). Az ancsovéta fogások sikerét nagyban befolyásolja a Dél-Amerika nyugati partjainál uralkodó éghajlati változékonyság. Ennek köszönhetően fogások ingadozása az egyes évek között akár 30%, vagy még több is lehet. 1997-ben például 5,3 millió tonna volt a halászok termése, de a következő évben az El Niño jelenségnek köszönhetően a fogás mindössze 1,2 millió tonna volt (*FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2009*).

Míg 2000 és 2005 között a halliszt ára 500-700 \$/tonna között változott, a 2006-os visszaesés a perui ancsovéta fogásokban az ár hirtelen emelkedését eredményezte. Ebben az évben érte el az eddigi maximumot, az 1400 \$/tonna értéket. A halliszt tonnánkénti ára azóta sem esett 1000\$ alá, jelenleg 1600 \$ és 1800 \$ körül mozog (<http://www.indexmundi.com>). *Delgado és mtsai.* (2003) szerint 2020-ig, a jelenlegi körülmények között legvalószínűbb becslés alapján további 18%-al, a tengeri ökoszisztéma összeomlása esetén (amihez évi 1%-os populációcsökkenés szükséges), akár 134%-al is növekedhet a halliszt ára a 2002-es bázisévhez képest.

A haltakarmányként felhasznált halak biztosítása évtizedek óta leküzdhetetlen akadállyal tűnik, mivel a tengerekből kifogható halmennyiség véges, miközben az akvakultúrás termelés egyre nő. Az éves halliszt felhasználás több mint háromszorosára emelkedett 1992 és 2006 között (0,96 millió tonnáról 3,06 millió tonnára). A halliszt legnagyobb fogyasztója (60%) az akvakultúra. Kínában 2004-ben az 1,6 millió tonna felhasznált halliszt 75%-a az akvakultúrában került hasznosításra. A haltáp gyárak növelik felhasználásukat az összes többi szektor rovására (emberi fogyasztás, ipari, gyógyszeripari felhasználás). Ugyanakkor a baromfiipar már jelentősen csökkentette részesedését a világ halliszt készletéből. Ázsia kb. 2,4 millió tonna hallisztet használ takarmánygyártási célokra. Ez kb. 10,3 millió tonna kifogott halat jelent évente (*FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2009*). Az aggasztó trendek ellenére, a jelenleg használatban lévő hal- és garnélatermelési technológiák miatt, a közeljövőben még növekedni fog a felhasználás (*Tacon és mtsai., 2006*). A távolabbi jövőben az igény mértéke a halliszt kiváltását célzó kutatások sikerétől függ. Áttörés napjainkig nem következett be, az akvakultúra halliszt felhasználása növekszik, hiszen alkalmazása

célszerűségi okokból megkerülhetetlennek tűnik, mivel átlagos nyersfehérje tartalma magas, 60-72%, emészthetősége a halak számára kiváló (*Derjant-Li, 2002*). Emellett az aminosav összetétele is kiváló, olajtartalmában az omega-3 típusú zsírsavak magas aránya jellemző. Gazdag kalciumban, foszforban, magnéziumban, káliumban és a B-csoport vitaminjaiban. Kedvezően befolyásolja a takarmányok ízletességét, és tartalmaz egy máig azonosítatlan növekedési faktort (UGF), mely lehetővé teszi, hogy a halliszt fogyasztásával a hal gyorsabb növekedést érjen el, mint ami a beltartalmi értékek alapján várható lenne (*Hall, 2011*).

Ugyanakkor a halliszt iránti növekvő igény komoly nemzetgazdasági, politikai és ökológiai problémákat okozhat a közeljövőben. Követve a halliszt világpiaci árának emelkedését, a halliszt gyárak megengedhetik maguknak az akár 1000 \$/tonna nyersanyagár kifizetését is. Ez ösztönzőleg hat a halliszt nyersanyagát előállító természetesvízi halászat számára, ami intenzívebb halászathoz fog vezetni. Emellett olyan fajok termelésbe való bevonásával is együtt jár, melyeket korábban nem halásztak. Ez a biodiverzitás további csökkenését és a tengeri ökoszisztémák még nagyobb mértékű instabilitását okozná. Olyan, a tengertől függő országokban, ahol a szegényebb rétegek fő táplálékát és bevételi forrását éppen a kisméretű nyíltvízi halfajok adják, komoly érdekellentéteket szülhet a fokozódó halászat. Ez nemzetközi szintű politikai vitákat szülhet, aminek következményei előre nem láthatók (*FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2009*).

6.8. A halliszt kiváltásának és mennyiségi csökkentésének lehetőségei

Látva költségeik emelkedését, a hal- és garnélatermelők igyekeznek termelésüket a halliszttól függetlenné tenni. Ezért rengeteg kutatás középpontjában állt és áll a halliszt és halolaj helyettesítésének lehetősége (*Webster és mtsai., 1997; Naylor és mtsai., 2000; Panerat és mtsai., 2009; Sánchez-Lozano és mtsai., 2009; Silva és mtsai., 2009*).

Ausztrál ezüst sügérnél (*Bidyanus bidyanus*) vizsgálták 29 különböző állati és növényi takarmányösszetevő látszólagos emészthetőségét (ADC). Az energia, a nitrogén és a szárazanyag emészthetősége a halliszt esetében bizonyult a legjobbnak. A szárazanyag és az energia emészthetősége hasonló értékeket adott néhány állati eredetű alapanyag, illetve a búza és a kukoricaglutén esetében. A fehérje emészthetősége 52-86% között változott az egyes takarmány alapanyagoknál (*Allan és mtsai., 2000*).

A jövőben a halliszt felhasználását speciális takarmányokra, pl. starter és anyahal nevelő tápokra, kell korlátozni (*Hall, 2011*). A szükséges mennyiség csökkentésével

kapcsolatban már születtek a gyakorlatban is használható eredmények. A lazacatenyésztesben alkalmazott kereskedelmi tápok 2005-ben még átlagosan 35-47% hallisztet tartalmaztak, míg napjainkban ez már alig 15% (Kaushik, 2013). 1994-2010 között a halliszt haltakarmányokban való felhasználásának átlagos mértéke 30%-ról 17%-ra csökkent (Mézes, 2013). A felhasznált halliszt mennyiségének csökkentése akkor lehetséges, ha megfelelő takarmány-összetevőket alkalmazunk annak pótlására. A halak élettani igényeinek kielégítése mellett figyelembe kell venni, gazdaságossági, ökológiai és környezetterhelési szempontokat is.

6.8.1. Állati eredetű összetevők

Felmerülhet a tengeri eredetű halliszt mellett, az édesvízi, akár feldolgozó melléktermékekből, akár tógazdasági mellékhalakból származó, halliszt használata is. Ezek előnye a tengeri halliszttal szemben a jobb fenntarthatóság. A halliszt 22-24%-a jelenleg is halfeldolgozó melléktermékekből származik (Hall, 2011). A chilei lazacipar évi 600 000 tonna hozamából 270 000 tonna vágási veszteség keletkezik, amiből 43 200 tonna halliszt nyerhető vissza a takarmányozás számára (Anon., 2006). Édesvízi halak lisztjének feldolgozását azonban hazánkban két jogszabály is tiltja. A 999/2001/EK rendelet értelmében: “Azonos fajú állatokból származó állati eredetű fehérjével nem takarmányozhatók az élelmiszertermelés céljára tartott állatok”

A 65/2012 VM rendelet értelmében: “A hazánkban tartott halfajok takarmányozhatók tengeri halakból előállított halliszttel, de nem etethetők tógazdasági halakból előállított halliszttel, mivel utóbbiban előfordulhat azonos fajba tartozó egyedből származó fehérje”.

A halliszt mellett takarmány-összetevőként más, halkészítmények is felhasználhatók. A halszilázs, nyers, egész hal savas közegben működő, saját bontó enzimek által előemésztve. Aminosav-összetétele gyakorlatilag megegyezik a hallisztével, bár a triptofán savas viszonyok között bomlik, a kéntartalmú aminosavak pedig a tárolás alatti oxidációra érzékenyek. Akvakultúrás felhasználása kitűnő eredményeket adott. Halliszttel szembeni előnye az egyszerűbb és olcsóbb előállítása, illetve a hosszabb tárolhatósága. Tárolási és szállítási költségei ugyanakkor, a nagy víztartalom miatt magasabbak. Felhasználása elsősorban kevésbé intenzív telepeken, helyben keletkező alapanyagok felhasználásával gazdaságos (Hall, 2011).

A vágási veszteségekből adódó maradékanyagok ideális felhasználási módja lehet a különböző hal-protein hidrolizátumok előállítása, melyek a nyers halakból különböző állati, növényi vagy bakteriális eredetű emésztőenzimek, pl. tripszin, papain, neutráz, alkaláz stb., hozzáadásával készülnek. Nyersfehérje-tartalmuk 70-87% (Hall, 2011).

A halászati termékkínálatban találhatók a halon, mint nyersanyagon, kívül egyéb állati eredetű tápösszetevők is: pl. krill-liszt, tintahal-liszt, tintahal máj, tintahal olaj stb.. Azonban ezeknek a piaca mindössze 0,29 millió tonna évente, elérhetőségük a halliszthez képest is csekély (FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2009). Tömeges tenyésztésük nem lehetséges, illetve gazdasági szempontból előnytelen. Természetes vízi fogásuk, tömegtermelés esetén a hallisztéhez hasonló ökológiai és ökonómiai problémákat okozna.

A haltápokban más, melegvérű állatoktól származó alapanyagok (pl. feldolgozó melléktermékek) is használhatók. Ilyenek, többek között, a húsliszt, vérliszt, toll liszt és a szőrliszt. Szivárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*) takarmányozása során a hús- és csontliszt keverék az emészthető fehérje arányában 25%-ig, a toll liszt pedig 20%-ig volt alkalmazható, a növekedés és takarmányértékesítés csökkenése nélkül (Bureau és mtsai., 2000).

Millamena (2002) vizsgálata szerint fűrészkes sügér (*Epinephelus coioides*) takarmányában a halliszt 80%-a kiváltható volt húsliszt és csontliszt 4:1 arányú keverékével, a növekedési ütem csökkenése nélkül. Érdekes módon a szerző jobb eredményeket ért el a halliszt 20%-os helyettesítésével, mint kizárólag hallisztet alkalmazva. Más szerzők szintén fűrészkes sügér ketreces nevelése során, toll lisztből, vérlisztből, hús- és csontlisztből, illetve baromfiipari melléktermékek lisztjéből álló, különböző arányú keverékeket alkalmazva a halliszt 75%-os helyettesíthetőségét érték el (Wang és mtsai., 2008). A hallisztet a takarmányban különböző állati fehérjékkel és aminosav kiegészítéssel pótolva, ezüst kárász (Carrassius auratus) Hu és mtsai. (2008) akkor érték el a legjobb növekedést, amikor a takarmányfehérje 33%-a származott a hallisztből, a maradék 66% pedig baromfiipari melléktermék, hús- és csontliszt keverékéből, metionin- és lizinkiegészítéssel.

A nagyüzemi szárnyastartás mellett keletkező nagymennyiségű tollhulladék is alkalmas lehet megfelelő fermentáció után takarmánykeverékek előállítására. A fermentáció ugyanis *Kocuria rosea* törzs alkalmazásával 70%-al növeli a toll liszt fehérje emészthetőségét, a fermentum bizonyos aminosavakban (lizin, metionin, hisztidin) és karotinoidokban dúsul. A fehérjeemésztés mellett az aminosavak

hasznosulása is javul (Bertsch és Coello, 2005; Grazziotin és mtsai., 2006). Bishop és mtsai. (1995) nilusi tilápia (*Oreochromis niloticus*) ivadék etetése során azt tapasztalták, hogy a takarmányban található halliszt, húsliszt és vérliszt keveréke akár 66%-ban is kiváltható hidrolizált toll-liszttel, ugyanakkor a toll-liszt, mint egyedüli fehérjeforrás, nem alkalmas haltápokban. *Labeo rohita* ivadékának takarmányozására is alkalmas a hidrolizált toll-liszt, amennyiben a takarmány halliszttartalmát 50%-ban helyettesíti (Hasan és mtsai., 1997).

A különböző gazdasági állatokból származó takarmány összetevők mellett napjainkban egyre inkább a kutatások homlokterébe kerül a különböző rovarok, illetve rovarlárvák alkalmazása a takarmányokban. Ezek ugyanis értékes fehérjeforrások, ugyanakkor előállításuk olcsó. Ezek az alapanyagok egyelőre korlátozottan elérhetők, de a jövőben számítani kell arra, hogy szerepük jelentősen növekedni fog.

6.8.2. Növényi eredetű összetevők

Általános szabályként elmondható, hogy adott, egymásra épülő trofitási szintek között az energiaátvitel hatásfoka csekély, kb. 10% (Odum, 1988). Az állati fehérjéből állati fehérje (halliszból hal) előállításán alapuló termelési folyamat gazdasági és környezetvédelmi ellentmondásainak enyhítésére növényi és mikrobiális eredetű fehérjékre épülő tápok alkalmazása jelenthet alternatívát, hiszen a fentiek alapján a leggazdaságosabb termelési forma, ha állatainkat közvetlenül termelő szervezetekkel, növényekkel etetjük. Ezért a hagyományos, állati fehérjéken alapuló termékek előállítása mellett egyre intenzívebb kutatások folynak a magas tápanyagtartalmú, a fenntartható fejlődés kritériumait is kielégítő, növényi, illetve fermentált alapanyagokat tartalmazó haltápok kifejlesztésére.

A növényi alapanyagok közül a szója és a repce tűnik a halliszt kiváltására az eddigi kutatások eredményei alapján a legalkalmasabbnak. Az extrahált, vagyis zsírtalanított szójadara nyersfehérje-tartalma 44-48%. Megfelelő aminosav kiegészítés esetén akár a halliszt 75%-ának kiváltására is alkalmazható (Akiyama, 1988). *Silurus meridionalis* esetében vizsgálták a halak energiamérlegét szójaliszt használata esetén. A kísérlet eredménye alapján a szója arányának növekedésével együtt nőtt a kiválasztás során keletkező energiaveszteség. Ezzel együtt kevesebb energia fordítódott növekedésre. A szóját metionin-kiegészítéssel együtt alkalmazva javult az emésztés hatásfoka. A

szerzők ez alapján arra következtetnek, hogy a szójaliszt alkalmazásának egyik fő korlátja a nem kiegyenlített aminosavkészlet (Ai és Xie, 2005).

A szója mellett a repce fontos növényi eredetű fehérjeforrás, a benne található fehérje minősége a hallisztéhoz közeli. Az ún. 00-ás nemesített fajtáiban az antinutritív erukasav és glükozinolátok mennyisége alacsony. (Higgs és mtsai., 1983). Kedvezőtlen tulajdonsága, hogy nagy a rosttartalma, valamint a fitin és tannintartalma (Fenwick és mtsai., 1986; Higgs és mtsai., 1995).

Webster és mtsai. (1997) fiatal korcsoportú csatornaharcsa (*Ictalurus punctatus*) repcével való takarmányozva során azt tapasztalták, hogy 36%-os részarányig nem volt káros hatása a növekedésre. 48%-os repcetartalom esetén ugyanakkor jelentős visszaesés volt megfigyelhető a növekedés ütemében. Ezt a szerzők a romló ízhatásnak tulajdonítják.

A szóján és repcén kívül számos egyéb növényi alapanyag hatását tesztelték már halak takarmányozása során. A kukoricaglutén, mely a keményítőgyártás mellékterméke, magas nyersfehérje-tartalommal rendelkezik, a halliszt helyettesítésére legfeljebb 35%-ban alkalmazható aminosav-kiegészítéssel (Ayadi és mtsai., 2012).

Daevs és Gouevia (2010) ponty (*Cyprinus carpio*) ivadékot etettek különböző módon előkezelt borsó liszttel. Eredményeik azt mutatták, hogy a kezeletlen borsóliszttel etetett halivadék növekedése szignifikánsan elmaradt a kontrollcsoport növekedési ütemétől. Ugyanakkor a nedves és száraz hőkezelésen átesett borsóliszt emészthetősége javult, ennek következtében kedvezőbb növekedési és takarmányértékesítési eredményeket kaptak. Napraforgó lisztjének etetésekor tengeri halakban a tapasztalatok szerint a nyersfehérje-tartalom 30%-áig alkalmazható a növekedésre, testösszetételre, immunrendszerre való káros hatás nélkül (Nogales Mérida és mtsai., 2010).

Sink és mtsai. (2010) kísérlete igazolta, hogy csatornaharcsa ivadéka tisztán növényi fehérje alapú tápokon is nevelhető. Vizsgálatukban 36% és 45% nyersfehérje-tartalmú, tisztán növényi illetve állati és növényi fehérjét is tartalmazó tápokot etettek. Nem mutatkozott szignifikáns különbség a kezelések között, sem a túlélési százalékokban, sem pedig a növekedési mutatókban.

Másrészről a halak, különösen obligát ragadozó fajok, esetében felmerülhetnek különböző élettani problémák kizárólag növényi alapanyagokat etetve. Ez az ilyen jellegű tápanyagok rosszabb emészthetőségének és ezáltal rosszabb hasznosulásának tulajdonítható (Cho és Bureau, 2001). A növényi eredetű tápalkotók, pl. fitátok,

emészthetősége, 77-96%, különösen a ragadozó halak számára, míg a halliszt emészthetősége 95% feletti (Mézes, 2013). Másik jelentős probléma a növényi eredetű tápokkal, hogy nem megfelelő arányban tartalmaznak esszenciális aminosavakat és nem tartalmaznak az állati szervezet számára fontos vitaminokat (pl. B₁₂-vitamin, folsav). Ez szintén súlyos anyagcserezavarokat, gátolt növekedést okozhat. A növényi alapanyagok használata esetén számolni kell az ún. antinutritív anyagok jelenlétével, illetve azok mennyiségével. Ezek az anyagok önmagukban nem mérgezőek, de kedvezőtlenül befolyásolják más táplálóanyagok hasznosulását, vagy csökkentik a takarmányfelvételt. Káros hatásukat kifejthetik a fehérje anyagcserén keresztül, mint például a borsóban található szaponinok, a szójában lévő proteáz inhibitorok vagy a polifenolok. Más szervesanyagok az ásványianyagok vagy vitaminok hasznosulását befolyásolják hátrányos módon. Egyes esetekben közvetlenül is károsak lehetnek a hal szervezetére (Francis és mtsai., 2001), a szója például bélgyulladást okozhat lazacfélék takarmányozásakor (Baeverfjord és Krogdahl, 1996). Krogdahl és mtsai. (2000) szójadara etetésekor azt tapasztalták, hogy a növekedési mutatók ugyan jók maradnak, de csökken az immunválasz és nő a betegségekkel szembeni érzékenység. Megjegyzendő, hogy a hallisznak és más állati fehérjéknek is lehetnek antinutritív anyagai, pl. tiamináz enzim.

A fenti problémák orvosolhatók megfelelő receptúrájú tápokkal, takarmány-előkészítési és gyártási technológiával, mesterséges aminosav- és vitamin-kiegészítéssel, nemesített növényfajták használatával, valamint fermentációs eljárásokkal. Az antinutritív anyagok káros hatásait többnyire mérsékelni lehet hőkezeléssel. A szója számos antinutritív anyagot tartalmaz, pl. tripszin inhibitorok, lektinek, szaponinok, amiket nedves, 120 °C-os hőkezeléssel lehet semlegesíteni. Ez a magas hőmérséklet ugyanakkor csökkenti egyes értékes takarmány összetevők, pl. vitaminok, lizin, hasznosulását. Más esetben, pl. a repce glükoszínolát mentesítésében, a növényfajták genetikai javítása jelenthet megoldást (www.aquamaxip.eu).

A halliszt helyettesítése az eltérő aminosav összetétel miatt, nem oldható meg egyetlen helyettesítő termék használatával, célravezetőbb egyidejűleg többféle növényi alapanyag megfelelő arányú keverékének használata (Sánchez-Lozano és mtsai., 2009). Ugyanakkor a megfelelő aminosav összetétel szintetikus aminosav kiegészítéssel is megoldható (Silva és mtsai., 2009). Ilyen esetekben az állati fehérje akár teljes egészében elhagyható hozamcsökkenés nélkül. Panserat és mtsai. (2009) szivárványos pisztrágon vizsgálták a halliszt és halolaj teljes kiváltásának élettani hatásait. Azt

tapasztalták, hogy a 100%-ban növényi fehérje alapú tápok nem voltak káros hatással a májfunkciókra és a máj anyagcseréjére.

A növényi olajokban az állati termékeknél lényegesen kisebb az omega-3 zsírsavak aránya, így azok mennyisége a fogyasztó asztalára kerülő halhúsban is alacsonyabb. Ez a hátrány, különböző algafajok takarmány alapanyagként való alkalmazásával, áthidalható. Ezek azonban napjainkban még korlátozottan elérhetők és előállításuk nagyon költséges. Növényi fehérje etetése esetén ugyanakkor előnyt jelent, hogy csökken a hús dioxin tartalma, ami a nagy zsírtartalmú hallisztben nagy mennyiségben lehet jelen (Mézes, 2013).

6.8.3. Fermentációs termékek

A fermentációs kezelés a felhasznált olcsó, főleg hulladékalapú, szubsztrátok feltárással és részleges lebontásával az egyes tápanyagok felvételét és emészthetőségét jelentősen növeli. A növényi alapú fermentációs tápok kiindulási anyaga lehet más iparágak feldolgozó mellékterméke, többek között melasz, kukorica-feldolgozási melléktermékek és keményítőgyártási hulladékok, cukorcirok bagasz és növényolaj ipari hulladékanyagok, valamint élesztő- és szeszmoslék, illetve biogáz gyártási maradékok.

Kukorica alapú hulladék és halliszt keverékéből *Aspergillus awamori* spórák bekeverésével a kiindulási anyagok tápértékét jelentősen meghaladó minőségű biofermentumot sikerült előállítani (Yamamoto és mtsai., 2005). A cukorgyártási melasz melléktermékeket közvetlen adalékként számos állati tápban felhasználják. Magas fehérjetartalmú fermentált végtermékét élesztő törzs segítségével állították elő (Ueno és mtsai., 2003). Leupp és mtsai. (2005) melaszból *Aspergillus oryzae* alapú fermentálással nyertek ki emlős kísérletekben magas hozamot produkáló tápot. A DDGS (Dried Distillers Grains with Solubles), magyarul szárított szeszmoslék a bioetanol gyártás mellékterméke. Egyes fajok takarmányában a halliszt helyettesítésére közvetlenül 40%-ban használható lizin- és triptofán-kiegészítés mellett (Omar, 2011). Szeszipari melléktermék fermentálásával előállított biomassza a proteinek mellett hasznosítható dokozaheksaénsavat és asztaxantint is tartalmaz (Yamasaki at al., 2006). Felhasználását ugyanakkor antibiotikum- és mikotoxin-tartalma korlátozza.

He és mtsai. (2009) sörélesztő (*Saccharomyces cerevisiae*) fermentációs produktumának hatását vizsgálták hibrid tilápia (*Oreochromis niloticus* ♀ x *O. aureus*

♂) takarmányozása során. Azt tapasztalták, hogy a növekedésre a fermentum nem volt hatással, ellentétben a szivárványos pisztrágnál tapasztaltakkal, kedvező hatást gyakorolt viszont a bélrendszer mikrobiális összetételére. A sörélesztő fűrészes sügérben kedvezően befolyásolta a növekedést, a takarmányértékesítést, valamint erősítette az immunrendszert és megnövelte a *Streptococcus* baktérium elleni rezisztencia (Chiu és mtsai., 2010).

Fermentációs eljárások során a növényi alapanyagokban található, szerves foszfort tartalmazó fitátok biológiai lebontásával párhuzamosan növelhető a foszforhasznosítás hatékonysága is. A kezelés során felszaporított mikrobiális eredetű biomassa a kiindulási anyagokhoz képest magasabb hozzáadott tápértéket jelent, mivel, szubsztráttól és mikroorganizmustól függően, a könnyen emészthető esszenciális aminosavak mellett, vitaminokban (pl. B6, B12, folsav) is gazdag. Nyers szója esetében az antinutritív anyagok is semlegesíthetők fermentációs eljárással, a szójadarából enzimek és *Lactobacillus* fermentáció segítségével előállított szójapeptidek ugyanis ezeket már nem tartalmazzák. A halliszt 30%-a helyettesíthető szójapeptidekkel kristályos metionin kiegészítés mellett (Manaug et al, 2011).

Lehetőségként felmerül a bioüzemanyag gyártás melléktermékeinek állati takarmányként való felhasználása is. Kínában a bioetanol gyártásból visszamaradó cukorcirok bagaszból *Aspergillus niger* és *Geotrichum candidum* starterkultúrákkal történt fermentációval állítottak elő magas tápértékű terméket (Feng W. és Chun-Zhao L. 2009).

A különböző mikrobiális kultúrák, önálló takarmány-összetevőként való felhasználására is van példa. A kísérletek alapján az ún. egysejt fehérje, különböző baktériumokból nyerhető, kedvező hatású takarmány-összetevő. Ragadozó halak takarmányában a halliszt akár 18-19%-ának helyettesítésére is használható (Aas és mtsai., 2006).

A különböző élesztőkivonatokat vagy a hidrolizált élesztőt a halliszt 30%-ának kiváltására alkalmas (Ozório és mtsai., 2012). Az élesztősejtek falának β -glükán tartalma immunstimuláns hatású (Meena és mtsai., 2012).

6.9. Intenzív, növényi fehérje alapú ragadozó haltermelés fenntarthatósága

Újszerű technológiák jövőbeni fenntarthatósága nehezen becsülhető gyorsan változó és összetett világunkban. A halliszt felhasználással kapcsolatos vitákban gyakran felmerül az ún. FIFO (Fish In, Fish Out) szám, mint a fenntarthatóság egyik mérőszáma. Azt fejezi ki, hogy egységnyi étkezési hal előállításához hány egység takarmánnyként szolgáló halat dolgoztak fel. Értéke számos tényezőtől függ, pl. a felhasznált és tenyésztett halak fajtától, korától, a szezonalitástól (ami hatással lehet a halhús fehérje illetve zsírtartalmára) és a halliszt feldolgozási módjától (Hall, 2011). Tacon és Metian (2008) szerint a lazactermelésben általános 4,9:1 FIFO arány 2020-ra 1,5:1-re csökkenthető.

A kívánt mennyiségű haltermék előállításához szükséges terület nem lehet limitáló faktor. Az intenzív/szuperintenzív halnevelő rendszerek területigénye a jelenleg elterjedt technológiák földhasználatának töredéke (FAO Economic and Social Development Department, 2009). Magyarországon működik olyan intenzív afrikai harcsa telep, ahol évente 600 tonna hozamot érnek el mindössze fél hektáron, míg a hagyományos tógazdasági körülmények között az 1,2 tonna/ha éves hozam az átlagos (Váradi, 2009). A háromdimenziós nevelőtér miatt, ezen a téren, az akvakultúra a többi állattenyésztési szektorral összevetve is versenyképes. Nem ritka intenzív haltermelő egységekben az évi 300 tonna/ha hozam.

Ezek a termelőegységek nagy mennyiségben használnak megfelelő minőségű vizet. A legmodernebb rendszerek azonban jelentősen csökkentették a vízfelhasználásukat és környezetterhelő hatásukat azáltal, hogy a vizet recirkuláltatják. Ez azt jelenti, hogy a halakról eltávozó víz mechanikai, biológiai és esetleg kémiai szűrése után esik át, majd visszajut a rendszer kiindulási pontjához és újra felhasználásra kerül. A víz újrafelhasználása nagyméretű tavak és tógazdaságok esetén is megoldható intenzív és extenzív termelő egységek kombinálásával (Oláh és mtsai., 2009).

A növényi tápon való halnevelés fenntarthatóságának gátat szabhat magának a növényi alapanyagának az előállítása. A jövőben a növénytermesztés is komoly kihívások elé néz. A termőföldkészlet az elmúlt egy évtizedben 20%-al csökkent. Jelenleg világszinten az egy főre eső termőföldterület 0,23 ha. Évente kb. 20 millió hektár földterület válik használhatatlanná a kedvezőtlen környezeti változások hatására (Pimentel és Pimentel, 2006). A hiányzó földeket csak gyenge minőségű talajokkal tudjuk pótolni, értékes élőhelyeket örökre tönkretéve (FAO Economic and Social

Developement Department, 2009). A még művelhető földterületen osztozik az összes állat és növénytermesztési ágazat, és az egyre növekvő részesedésű bioenergia és biocsomagolóanyag-gyártás (*FAO Economic and Social Developement Department, 2009*). A helyzetet tovább súlyosbítja a csökkenő öntözővízkészlet, a növekvő népesség, a növekvő életszínvonal nagy népességű országokban (pl. Kína) (*Horn, 2009*). Emellett meg kell említeni a klímaváltozás hatásait a mezőgazdaságra. Ez utóbbit tekintve csak igen bizonytalan becslésekkel rendelkezünk, de a modellek többsége a Föld egészét tekintve kedvezőtlen változásokat jósol, melyek elsősorban a meglévő termőterületek elsivatagosodásában és az édesvízkészlet csökkenésében nyilvánulnak meg.

Ugyanakkor a népesség jelenlegi növekedési üteme mellett, a fehérjeigény folyamatos kielégítésének legolcsóbb és leginkább fenntartható módja az intenzív, édesvízi akvakultúra. Az egységnyi állati termék előállításra felhasznált víz, energia és termőföld a hal, különösen a növényevő halak, esetében a legalacsonyabb az összes gerinces haszonállat közül.

6.10. A halak fehérje- és aminosav-szükséglete

Az élő szervezetben a fehérjék három alapvető funkciót töltenek be. Biztosítják a szervezet zavartalan működését és homeosztázisának fenntartását (enzimek, hormonok), részt vesznek a regenerációs folyamatokban, illetve a fehérjéket alkotó aminosavak a növekedés és fejlődés során a szöveteket felépítő alapkövek. A halak a táplálékkal felvett fehérjét saját emésztőenzimeik segítségével bontják aminosavakra. A fehérje emésztésében résztvevő enzimek a gyomorban, a hasnyálmirigyben, a bél egysejtű mirigyeiben, illetve egyes fajok esetében a bél pilorusz függelékeiben termelődnek (*Horváth, 2000*).

A fehérjeemésztés, a gyomorral rendelkező ragadozó halfajok esetében, a gyomorban kezdődik. Itt a pepszin, mely pepszinogénből keletkezik a gyomor sósavtartalmának hatására, a fehérjéket polipeptidekre hasítja. Működésének optima erősen savanyú közegben, 1,8-2,2 pH tartományban van. A keletkező polipeptideket a tripszin és a kimotripszin hasítja oligopeptidekre és dipeptidekre. Előbbi az arginin és lizin aminosavaknál, utóbbi az aromás aminosavaknál bontja a fehérjemolekulákat. Aktivitásuk semleges közeli pH értéken (6,5-7) optimális. A pillangós virágú növények magvai olyan fehérjéket is tartalmaznak, amelyek a tripszin és kimotripszin működését gátolják. Az oligo- és dipeptidekből a karboxipeptidázok és aminopeptidázok már

szabad aminosavakat is képesek leválasztani. Előbbi csoport az aminosavak karboxiterminális végén, utóbbiak pedig az N-terminális végén bontják a peptidkötést. A karboxipeptidázok metalloenzimek, működésükhöz cink jelenléte is szükséges a takarmányban. A fehérjebontó enzimekre, a szénhidrátbontókkal ellentétben, általánosan igaz, hogy aktivitásuk erősen függ a hőmérséklettől (*Horváth, 2000*).

A halak fehérje anyagcseréje alapvetően hasonló a melegvérű gerincesekéhez, de van néhány sajátos különbség. A halak fehérjeszükséglete fajtól függően akár 50-300%-al nagyobb, mint a szárazföldi gerincesek esetében tapasztaltak (*Cowey, 1975*). Ennek magyarázata egyrészt a halak többségének mindenevő, illetve ragadozó életmódjából ered. Másrészről a szárazföldi gerincesekkel ellentétben, a halak az energiaigényük fedezésére a fehérjét preferálják a szénhidrátokkal szemben (természetesen a zsírok után). Ráadásul a halak, mivel változó testhőmérsékletű, ún. poikiloterm, élőlények, nem rendelkeznek a hőszabályozásra fordítható nagy energiatartalékokkal (*Nijkamp és mtsai., 1974*). Ugyanakkor a halak fehérje anyagcseréje lényegesen hatékonyabb, mint a szárazföldi gerinceseké. 1MJ energia felhasználásával 9,6 g fehérje épülhet be a halak szervezetébe, ami az egyéb gazdasági állatcsoportoknál tapasztalt értékek 2-20-szorosa, fajtól függően (*Smith és mtsai., 1978*). Ennek oka, hogy a vízi környezet miatt a toxikus ammóniát képesek diffúzióval eltávolítani a szervezetükből, így az nem halmozódik fel a szövetekben. Nem szükséges tehát a fehérje anyagcsere végtermékét energiaigényes folyamat során húgysavvá vagy karbamiddá alakítani (*Brett és Groves, 1979*).

6.10.1. Fehérjeigény

A halak fehérjeigényének meghatározására a legelterjedtebb módszer a különböző nyersfehérje-tartalmú tápok etetése és a növekedési ütem, mint válaszváltozó nyomon követése. Amelyik fehérjeszintnél a növekedési görbe „megtörik”, azt tekintik a hal élettani szükségletének. A vizsgált fajok többségénél ez az optimum 32% és 55% fehérjetartalom közé esik. Más megközelítésben a takarmány bruttó energiatartalmának 45-70%-ának kell fehérje eredetűnek lennie (*Tytler és Calow, 1985*). Általános érvényűnek tekintett szabály, hogy a ragadozó fajok fehérjeigénye nagyobb, mint a mindenevő, vagy növényevő fajok igénye, ugyanakkor növényevő fajok esetében, pl. amur (*Ctenopharyngodon idella*) is tapasztaltak magas, 41-43%-os értéket (*Dabrowskii, 1977*). A ragadozó halfajoknál tapasztalható magas fehérje igény, nem a nagy fehérjeanyagcsere-kapacitásnak a következménye, hanem annak, hogy a

takarmányokban található szénhidrátokat, mint a keményítő és a dextrin, csak alacsony hatásfokkal képesek hasznosítani (Cowey és Luquet, 1983).

A halak fehérjeigényére vonatkozó, különböző szerzőktől, különböző fajokra, különböző időpontokban és helyszíneken végzett meghatározások összevethetősége bizonytalan, mert a kapott eredmény számos tényezőtől függ. Ilyen tényezők, többek között a fehérje forrása, a nem fehérje természetű energiaforrások minősége és mennyisége, az etetési gyakoriság, a hal kora (Pirozzi és mtsai., 2010) és élettani állapota, a meghatározás módszere. Az igény meghatározására számos kiindulási referenciaanyag használatos. Ezek lehetnek ún. tisztított fehérjék, pl. albumin, zselatin, kazein, vagy összetett, teljes értékű fehérjék, mint például a halliszt, szójaliszt, tőkehal hús. A forrásfehérjéket gyakran aminosav-kiegészítéssel közelítik a kívánt fehérje-összetételhez (Tytler és Calow, 1985). Az eltérő forrásfehérjékkel végzett kísérletek gyakran eltérő eredményeket adnak még ugyanazon a fajon belül is, a kapott eredmény ugyanis attól függ, hogy a kísérleti takarmány aminosav-összetétele milyen közel áll a hal esszenciális aminosav-igényéhez. A tisztított fehérjék kevésbé bizonyulnak izletesnek, különösen a szaglásukra hagyatkozó ragadozó fajok számára. Szükség van tehát egy általánosan használt forrásfehérje standard bevezetésére az ilyen jellegű vizsgálatokban (Tytler és Calow, 1985). Mivel a halak esszenciális aminosav-igénye szoros összefüggést mutat a halhús, illetve teljes test esszenciális aminosav-készletével (Cowey és Tacon, 1983, Peres és Oliva-Teles, 2009), erre a célra az extrahált halliszt használata javasolt.

A fehérjeszükségletet a táplálékhoz való hozzáférés, tehát tenyésztett fajok esetében, az etetési rezsim is erőteljesen befolyásolja. Éppen ezért meghatározásakor folyamatos takarmányhoz való hozzáférést kellene biztosítani. Ez azonban a vízi környezetben nem megoldható, mert az el nem fogyasztott takarmány összetevői hamar oldódni kezdenek, illetve fajonként és korosztályonként más és más a takarmányfelvétel gyakoriságának optimuma. Ogino (1980) kimutatta, hogy fiatal ponty és szivárványos pisztráng esetében, ha a takarmányadagot 2%-ról 4%-ra növelte, a fehérjeigény 60-65%-ról 30-32%-ra csökkent. Feltételezve, hogy a hal elsősorban energiaigényének fedezésére veszi fel a takarmányt (Grove és mtsai., 1978), ritkább etetés esetén magasabb fehérjetartalmú tápok etetésére van szükség (Wee és Tacon, 1982), különösen, ha nehezen emészthető szénhidrát energiaforrásokat tartalmaz a takarmány. Máskülönben a hal nem tudja fedezni energiaigényét és a növekedés az optimum alatt marad.

Az egyed napi fehérjeigénye és a specifikus növekedési ráta (SGR) között lineáris összefüggés van. Magas napi fehérjeigény mellett gyors növekedési ütem tapasztalható. A metabolikus aktivitás és a növekedés üteme a hal méretével fordított, a víz hőmérsékletével egyenes arányosságban áll (Brett és Groves, 1979). A legnagyobb, kísérleti úton rögzített napi fehérjeigényt (52,5g) és specifikus növekedési rátát (6,9%) a trópusi nilusi tilápia (*Oreochromis niloticus*) első táplálkozó lárvastádiumában figyelték meg (Santiago és mtsai., 1982). A fiatal korcsoportú halak fehérjeigénye nagyobb, mint az idősebb korosztályoké. Árnason és mtsai. (2009) 560 g tömegű atlanti nyelvhal (*Hippoglossus hippoglossus*) takarmányozására 41% nyersfehérje tartalmat, 970 g-os mérettől már csak 35% nyersfehérje-tartalmat javasolnak. A hőmérséklet szintén emeli a fehérjeszükségletet. Millikin (1983) kísérletében csíkos sügér (*Morone saxatilis*) ivadék takarmányozásakor a fehérjeszükséglet 47%-ról 55%-ra nőtt, amint a hőmérsékletet 20,5 °C fokról 24,5 °C fokra emelték. Más szerzők (Slinger és mtsai., 1977) szivárványos pisztráng esetében nem tapasztalták a növekedési erély változását 35%, 40% és 45% fehérjetartalmú takarmánnyal etetve 9, 12, 15 és 18 °C-on. A fehérjeigény változatlansága azonban ebben az esetben csak látszólagos, hiszen a növekvő hőmérséklettel jelentkező nagyobb fehérje szükséglet kielégíthető nagyobb takarmányfelvétellel, ami a hőmérséklet emelkedésével szintén növekszik (Brett és mtsai., 1969).

A fehérjeigénnyel kapcsolatos ellentmondások és bizonytalanságok feloldására célszerű a halak fehérjeszükségletét a takarmány energiatartalmához viszonyítva, az emészthető fehérje/emészthető energia (DP/DE; g/kJ) arányában közölni, így a takarmány minőségétől és az etetés módjától függetlenül értelmezhető eredményeket kapunk (Pirozzi és mtsai., 2010).

6.10.2. Aminosav-igény

A halak kielégítő takarmányozásához nem elegendő a fehérjeigény ismerete. Valójában az egyedek aminosav-igényét kell kielégíteni. A halak számára 10 aminosav esszenciális: arginin, fenilalanin, hisztidin, izoleucin, leucin, lizin, metionin, treonin, triptofán és valin (Tytler és Calow, 1985).

Az aminosav-igény meghatározása tradicionálisan a fehérjeigény megállapításával azonos módon történik, a vizsgálandó aminosav különböző szintjeit tartalmazó kísérleti takarmányokat etetve, majd a válasz növekedési görbét vizsgálva. A görbe töréspontja

jelenti a faj szükségletét az adott aminosavra. Más kutatók a vérplazma vagy izom szabad aminosav-koncentrációját vagy az aminosavak szövetekbe való beépülését vizsgálják (Tytler és Calow, 1985). A teljes aminosav-igény felderítése eddig csak kevés fajban (pl. *Ictalurus punctatus*, *Salmo salar*) történt meg, kisszámú kutató és laboratórium munkája alapján. A kapott eredmények között a fehérjeigényhez hasonlóan nagy szórás figyelhető meg. Ennek legfőbb oka a standard referenciafehérje hiánya (Tytler és Calow, 1985).

Az aminosavakat szabad formában tartalmazó takarmányok az optimálisnál gyengébb növekedést és rosszabb takarmányértékesítést eredményeznek, szemben a peptidkötésben lévő aminosavakkal (Walton és mtsai., 1982). A szabad aminosavak ugyanis sokkal hamarabb felszívódnak a bélből, mint a fehérjében kötött aminosavak. Ennek eredményeként a különböző aminosavak nem egyszerre jelennek meg a vérplazmában (Plakas és mtsai., 1980; Yamada és mtsai., 1982). Ambardekar és mtsai. (2009) csatornaharcsán (*Ictalurus punctatus*) végzett kísérletében a szabad aminosavak koncentrációja a vérplazmában már az etetést követő 1-3 órán belül megemelkedett tisztított aminosavakat tartalmazó takarmány etetésekor. Az optimális fehérjeszintézishez ugyanakkor az lenne szükséges, hogy a kívánt aminosavak egyszerre, és megfelelő arányban legyenek jelen a felhasználás helyén. Gyakoribb etetés alkalmazásával ez a hátrányos hatás valamelyest enyhíthető.

Az aminosav-szükségletet a takarmányok egyéb táplálóanyagaival és más aminosavakkal való kölcsönhatások is befolyásolják. Ha nincs elegendő cisztin a takarmányban, korlátozott mértékben a hal szervezete képes azt előállítani metionin feleslegből. A metioninszükséglet így részben a cisztin elérhetőségének függvénye is. Hasonló összefüggés van a fenilalanin és tirozin között (Ketola, 1982).

A halak esszenciális aminosav-igénye és a haltest szöveteinek esszenciális aminosav-tartalma között szoros összefüggés van. A halhús aminosav-összetétele az egyes fajok között csupán kis eltéréseket mutat, következésképpen az egyes halfajok aminosav-igénye egymáshoz nagyon hasonló (Cowey és Tacon, 1983).

A 10 esszenciális aminosavból a halak igénye a lizinből a legmagasabb, ugyanakkor a takarmányokban általában a lizin a limitáló aminosav. Ezért az aminosav-szükségletet célszerű az abszolút mennyiségek mellett a lizinszükséglet arányában is megadni (Peres és Oliva-Teles, 2009). Bicudo és mtsai. (2009) pacu (*Piaractus mesopotamicus*) fajban kimutatták, hogy a lizin kiegészítés arányának növelésével a test fehérjetartalma szignifikánsan nő, zsírtartalma pedig csökkent.

6.11. Az optimális etetési gyakoriság és napi takarmányadag

A halak takarmányfogyasztása a szemünk előtt elrejtve történik, a tényleges tápfogyasztás mértékéről csak közvetett információkkal rendelkezünk. Ha alábecsüljük a halak napi takarmányfogyasztását, akkor azok növekedése nem lesz kielégítő a gazdaság számára (Silva és mtsai., 2007), súlyosabb esetben kondícióromlás, betegségek megjelenése, marakodás, kannibalizmus (Doğan Bora és Gül, 2004) okozhatnak további problémákat. Ha túlbecsüljük a napi fogyasztást, akkor felesleges takarmánypazarlást végzünk, mely nyilvánvalóan előnytelen gazdasági szempontból. Ráadásul az el nem fogyasztott táp bomlásával jelentősen ronthatja a vízminőséget (Eroldoğan és mtsai., 2004; Silva és mtsai., 2007), ami stresszt, termeléskiesést és egészségügyi problémákat okozhat (Biswas és mtsai., 2006). Fontos tehát ismerni a különböző korosztályok aktuális, napi tápszükségletét, hogy mindezeket a káros hatásokat elkerülhessük, termelésünk optimális legyen.

Az optimális takarmányadag számos környezeti tényező függvénye, melyek közül a hőmérséklet szerepét külön hangsúlyozni szükséges. Hidegebb vízben kevesebb, melegebb vízben több takarmányt vesznek fel a halak (Bailey és Alanärä, 2006). A víz hőmérséklet mellett számos egyéb faktor is befolyásoló tényező, pl. a sótartalom. *Dicentrarchus labrax* takarmányozása során Eroldoğan és mtsai. (2004) azt tapasztalták, hogy tengervízben 3%, míg édesvízben 3,5% az optimális napi adag.

Takarmányozási szempontból a napi mennyiség mellett rendkívül fontos lehet az optimális etetési gyakoriság ismerete, hiszen az hatással lehet a növekedésre, a takarmányhasznosításra, az állományon belüli szétnövés mértékére és a testösszetételre egyaránt (Jobling, 1983; Alanärä, 1992; Linnér és Brännäs, 2000; Zakęs és mtsai., 2006; Silva és mtsai., 2007).

Igazolták, hogy a növekedési ráta maximuma és a takarmányegyüttható minimuma az optimális etetési gyakoriság esetén érhető el, amelynek értéke elsősorban a fajtól, korosztálytól, a takarmány minőségétől és különböző környezeti faktoroktól (pl. hőmérséklet) függ. Ha nem étvágy szerint etetünk, akkor az egyedek közötti hierarchia nagyobb szerephez jut, a szétnövés növekedni fog. Ez azonban csökkenthető az etetések számának növelésével (Jobling, 1983). Az etetési gyakoriság, a nyilvánvaló közvetlen hatásokon kívül, indirekt módon is befolyásolja a növekedést a vízminőségi paraméterek változtatásán keresztül (Phillips és mtsai., 1998). Kimutatható, hogy a víz oldott oxigéntartalma és ammónia-koncentrációja az etetések időpontjával összhangban

változik (Giberson és Litvak, 2003). Számos fajnál vizsgálták már az optimális etetési gyakoriságot és annak hatását a növekedésre, a takarmányhasznosításra és a szétnövésre (Jobling, 1983; Alanärä, 1992; Linnér és Brännäs, 2000; Zakés és mtsai., 2006; Silva és mtsai., 2007). Lesőharcsa vonatkozásában eddig csak a természetes táplálkozási ritmus meghatározása történt meg (Boujard, 1995; Boillet és mtsai., 2001).

Az irodalomban a különböző fajok esetében, különböző, egymással ellentétes eredmények találhatók az etetési gyakoriság növekedési ütemre gyakorolt hatását tekintve. Fiatal süllő (*Sander lucioperca*) esetében, eredményeik alapján Wang és mtsai. (2009) a napi 3 alkalommal történő etetést javasolják. Egy afrikai harcsafaj (*Clarias lazera*) ivadékainak takarmányozásához a folyamatos etetést tartják optimálisnak (Hogendoorn, 1981). Tavi szajbling (*Salvelinus alpinus*) esetében a gyakoribb (Linnér és Brännäs, 2001), míg szivárványos pisztráng (*Onchorhynchus mykiss*) esetében a ritkább (Alanärä, 1992) etetés befolyásolta kedvezőbben a halak növekedését. A szerzők a fentieket a két faj eltérő táplálkozási viselkedésével magyarázzák. A táplálkozáskor nyugtalan, agresszív fajoknál, mint a pisztráng, a gyakori etetés stressztényező, ami csökkent a takarmányozás hatékonyságát (Brännäs és Alanärä, 1992).

Zakés és mtsai. (2006) fiatal süllő vizsgálatokor azt tapasztalták, hogy az alkalmazott etetési gyakoriságok nem befolyásolták a harcsa növekedési ütemét. Hasonló eredményt közöltek Phillips és mtsai. (1998). A szerzők walleye (*Sander vitreus*) ivadék takarmányozásakor nem tapasztalták a különböző etetési gyakoriság hatását sem a növekedésre, sem a takarmányértékesítésre, sem pedig a szétnövésre. Felhívják azonban a figyelmet az etetés indirekt hatásaira. A ritkább etetés a vízminőségi paraméterek (ammónia, oxigén) hirtelen változásait okozza (Beliczky és mtsai., 2013) ami stresszfaktorként kedvezőtlenül hat a halak növekedésére (Giberson és Litvak, 2003). Gyakoribb etetés ezt a kellemetlen hatást kiegyenlíti, illetve megszünteti.

Az etetési gyakoriság hatását számos faktor befolyásolja. Egyes fajok esetében igazodni kell az adott faj természetes táplálkozási ritmusához, más fajok viszont hatékonyan alkalmazkodnak az etetések időpontjához. Lesőharcsa esetében igazolták, hogy bár erősen éjszakai életmódú fajról van szó (Boujard, 1995), a táplálékhoz való hozzáférés erősebben befolyásolja a hal napi táplálkozási ritmusát, mint a fotoperiódus (Boillet és mtsai., 2001). Az optimális etetési gyakoriságot befolyásolja a takarmány bélcsatornán való áthaladásának időtartama is. Riche és mtsai. (2004) megfigyelték,

hogy nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus*) 28°C-on az etetést követően 4 óra elteltével éheznek meg, ezért a négy óránkénti etetést javasolják.

Eroldogan és mtsai. (2004) szerint a ritkább etetés növeli a hasznosítás hatásfokát, mert a halak egy alkalommal több takarmányt vesznek fel, mint gyakrabban etetett társaik. Ezt mindenevő pontylazac faj (*Colossoma macropomum*) esetében is igazolták (*Silva és mtsai.*, 2007). Ez hosszú távon a béltraktus térfogatának növekedését és hiperfágiát okozhat (*Ruohonen és Grove*, 1996). Ugyanakkor a gyakran etetett halaknál a béltraktus folyamatos teltsége miatt felgyorsul az áthaladási idő, csökken a tápanyagok hasznosulásának hatásfoka (*Liu és Liao*, 1999).

Jobling (1983) tavi szajbling esetében azt tapasztalta, hogy a ritkább etetési gyakoriság hatására, az egyedek közötti dominanciaviszonyok nagyobb jelentőséget kaptak, az állományon belüli méretkülönbség nőtt.

7. Anyag és módszer

A dolgozatban bemutatott vizsgálatok, ahogy arra már a bevezetésben kitértem, egy újszerű termelési technológia kidolgozását megalapozó kísérletsorozat elemei. Az egyes kísérletek tehát egymásra épültek, bemutatásuk a könnyebb követhetőség miatt mégis külön-külön szükséges.

Témakörüket tekintve az elvégzett vizsgálatok két csoportra oszthatók:

- takarmányozás-technológiai paraméterek vizsgálata
- halliszt kiválthatóságát célzó vizsgálatok

Az egyes laboratóriumi kísérletek közös jellemzője, hogy a rendelkezésre álló kísérleti tér korlátozott méretei miatt fiatal, egynyaras korosztállyal dolgoztam.

A laboratóriumi vizsgálatokat a Pannon Egyetem, Georgikon Kar keszthelyi hallaboratóriumában végeztem, a külső, tógazdasági kísérleteknek pedig partner gazdaságok (Öreglaki Halász Kft., Aranyponty Zrt.) szolgáltak helyszínül.

7.1. A kísérleti rendszerek

A vizsgálatok során két különböző felépítésű, recirkulációs halnevelő rendszerben dolgoztam.

- **Akváriumos rendszer:** A rendszer 9 db, egyenként 350 literes akváriumból (130x50x60 cm), valamint 5 db 300-500 literes ülepitő-, szűrő-, illetve puffertartályból

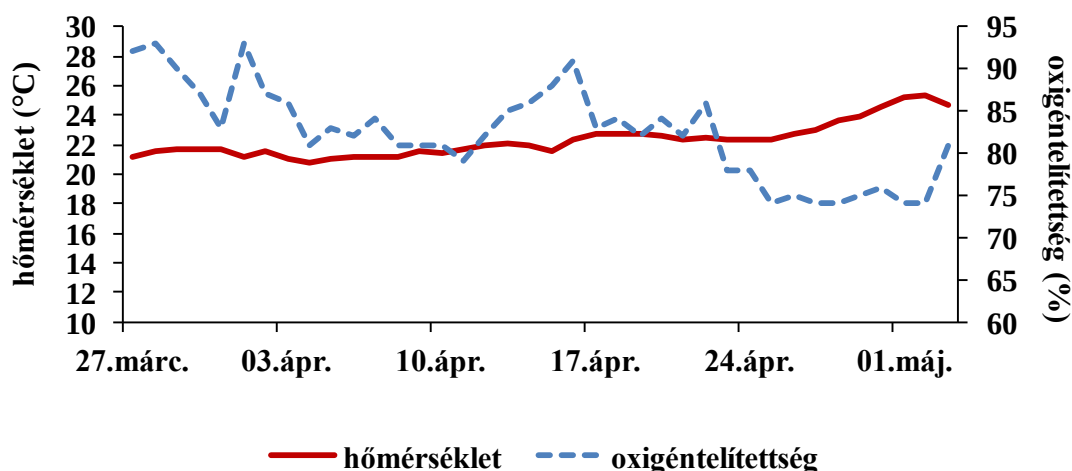
állt. A rendszer össztérfogata kb. 4,5 m³. Biológiai szűrőtöltetként perlonvattát alkalmaztam, a kémiai szűrést NO₃⁻-cserélő műgyantával végeztem. A patogén mikroorganizmusok elszaporodása ellen UV lámpa is beépítésre került. Az ürüléket és az el nem fogyasztott tápot naponta eltávolítottam a rendszerből. A kádakon a vízátfolyás 2 l/perc, a napi vízcsere pedig kb. 10% volt.

– **Műanyag kádas rendszer:** A halak tartására 12 db, 180 l térfogatú haltartó kád szolgált. A 4 db, 500 literes ülepítő-, szűrő- és puffertartállyal együtt a rendszer hasznos víztérfogata kb. 4 m³ volt. Biológiai szűrőközegként műanyag szűrőgolyók és zúzott kő került a rendszerbe. A csírátlanitást a vízkörre telepített UV-lámpa biztosította. Az ürüléket és az el nem fogyasztott tápot naponta eltávolítottam a rendszerből. A napi vízcsere kb. 10% volt.

7.2. Takarmányozás-technológiai paraméterek vizsgálata

7.2.1. Optimális napi takarmányadag meghatározása

A kísérletnek a műanyag kádas recirkulációs rendszer adott helyet. Kádanként 8 db, előzőleg tápra szoktatott halat (összesen 96 db; $m_{\text{átlag}} \pm \text{SD}$: 48,8 ± 13,5 g) helyeztem el. A kísérleti halak az Öreglaki Halász Kft.-től származtak. A termet besötétítettem és a terem fűtésével tartottam a víz hőmérsékletet 20 és 25 °C között. Naponta mértem a víz hőmérsékletét és oldott oxigén-tartalmát (9. ábra). Hetente mértem a szervesetlen nitrogénformák (NH₄⁺ < 0,26 mg/l, NH₃ < 0,025 mg/l, NO₂⁻ < 0,1 mg/l, NO₃⁻ < 36 mg/l) koncentrációját és a kémhatást (pH: 8,23-8,54).



9. ábra: A víz hőmérséklet és az oxigéntelítettség a recirkulációs rendszerben.

Négy kezelést alkalmaztam, 3-3 ismétlésben. Az egyes kezelések a napi takarmányadag mennyiségében különböztek, amelyek a következők voltak a halbiomassza százalékában kifejezve: 1%; 2,5%; 4%; 5,5%. A takarmány kijuttatását automata szalagvetők segítségével végeztem, 12 órán keresztül. A takarmány mindegyik kezelés esetében azonos volt (AQUAGARANT süllyedő pontytáp, Garant Tiernahrung, Ausztria). A táp beltartalmi értékeit az *I. táblázat* tartalmazza.

I. táblázat: *A kísérletben alkalmazott táp főbb beltartalmi mutatói*

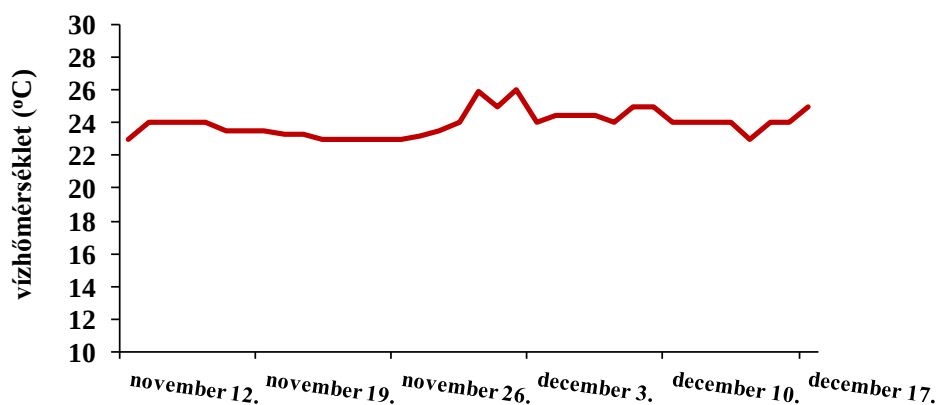
szemcseméret	4 mm
nyersfehérje	30%
nyerszsír	7%
nyersrost	4%
nyershamu	7%
Ca	1,3%
P	1,0%
Na	0,2%

A gyártó által deklarált értékek (Aquagarant)

A halak tömegének mérését hetente végeztem, vízben, 0,1 g pontossággal. A mérés előtti napon az etetést beszüntettem, hogy a béltartalom méréstorzító hatását csökkentsem. A szükséges takarmánymennyiséget, hetente, minden mérlegelés után, a halak tömegnövekedésének megfelelően növeltem.

7.2.2. Optimális etetési gyakoriság meghatározása

A kísérletet az akváriumos recirkulációs rendszerben hajtottam végre. A termet besötétítettem, a helyiség hőmérsékletét elektromos fűtőtesttel 23-25°C között tartottam, a víz hőmérsékletet naponta mértem (átlag $\pm$ SD: 24,0 $\pm$ 0,8°C) (*10. ábra*).



10. ábra: *A kísérleti rendszerben mért víz hőmérséklet a vizsgálat időtartama alatt.*

A kísérlethez 139 db tápra szoktatott halat használtam fel. A kiindulási átlagtömeg $59,9 \pm 12,8$ g volt. Akváriumonként 15 példányt helyeztem el $2,81 \pm 0,12$ g/l telepítési sűrűségben. Az alkalmazott táp COPPENS Steco Supreme-10 (Coppens International, Hollandia) volt, melynek főbb beltartalmi értékeit a *II. táblázat* tartalmazza.

II. táblázat: A kísérletben alkalmazott táp főbb beltartalmi mutatói

szemcseméret	4,5 mm
nyersfehérje	49%
nyerszsír	10%
nyersrost	1,8%
nyershamu	9,4%
Ca	1,6%
P	1,4%
Na	0,4%

A gyártó által deklarált értékek (Coppens Steco Supreme-10)

A kísérlet során három különböző kezelést alkalmaztam, három-három ismételtsben. Az egyik kezelés során automata szalagvető segítségével, 12 órán keresztül etettem a halakat. A második csoport a teljes napi mennyiséget egyszerre, egy alkalommal kapta, kézi etetéssel. A harmadik csoport halait napi három alkalommal etettem, a napi adagot egyenlő mennyiségekre elosztva, öt óránként. A napi takarmányadag mindegyik kezelés esetén azonos volt, az állomány testtömegének 2,5%-a.

A halak egyedi tömegét és teljes testhosszát hetente mértem. A tömegméréseket vízben, 0,1 g pontossággal, digitális mérlegen végeztem. A testhossz mérése 0,5 cm pontossággal történt, saját készítésű halmérő táblán. A mérlegelések előtti napon a halakat már nem etettem. A napi takarmányadag értékét a mérlegelések eredménye alapján hetente módosítottam.

7.2.3. Különböző takarmányok kiürülési idejének vizsgálata

A műanyag kádas recirkulációs rendszer szolgált a kísérleti halak tartására. Kádanként 11 db halat (összesen 66 db; átlag $\pm$ SD: $38,03 \pm 8,04$ g) helyeztem el, melyeket egyedi mikrochipes (PIT) jelöléssel láttam el, a jelet a halak hasüregébe injektálva. A halak jelölésére és a jelek olvasására az AEG ARE-H5 típusszámú készülécsomagot (AEG, Németország) használtam. A kísérletet három hőmérsékleten végeztem: 15°C, 20°C és 24°C.

Két takarmány-kezelést alkalmaztam, 3-3 ismételtsben. Az egyik csoport (T csoport) pelletált haltápot (Skretting Alterna Marine, Skretting AS, Norvégia), míg a másik

csoport (H csoport) apróra vágott kárászfilét (*Carrasius auratus*) kapott takarmányként. A kísérlet kezdete előtt 4 nappal beszüntettem a halak takarmányozását, hogy bélrendszerük biztosan kiürüljön. Az üres bélcsatornájú halak tömegét megmértem, majd a hőmérsékletet 15°C-ra állítottam be, a halakat pedig egy alkalommal, *ad libitum* megettettem.

Ezt követően különböző rendszerességgel (két mérés között eltelt idő 2 és 5 óra között változott) mértem a halak egyedi tömegét. A mérést vízben végeztem 0,1 g pontossággal. Mérési hibahatárnak 0,2 g-ot határoztam meg, mivel egy darab takarmánypellet tömege kb. 0,15 g volt, így az ennél kisebb növekedés nem táplálékfelvételnek, hanem mérési hibának köszönhető. A mérések során fellépő stressznek jelentős hatása lehet a halak anyagcseréjére. Ezért a halakat ért stresszt oly módon próbáltam csökkenteni, hogy mérési alkalmanként egyszerre mindig csak 1-1 kádban található halak tömegét mértem. Így ugyanarra a halra csak minden harmadik mérési alkalommal került sor. A kapott adatokból görbét szerkesztettem, az egyedi mért tömegértékek csökkenése alapján meghatároztam a béltartalom ürülésének időpontját.

Ezután az etetést ismét szüneteltettem 4 napig, majd a teljes folyamat megismételttem ugyanazokkal az egyedekkel, a csoportok változtatása nélkül, 20°C, majd 24°C-on is.

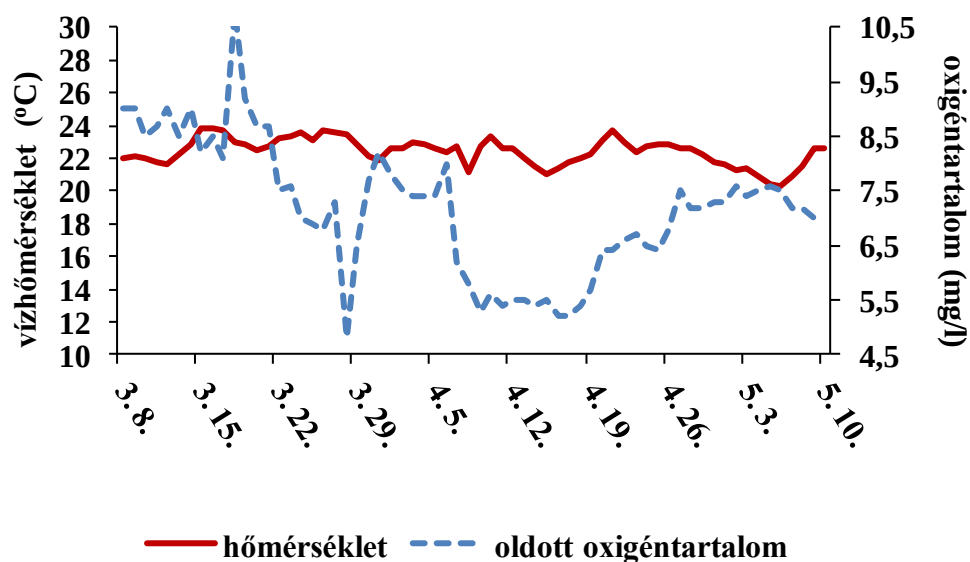
7.3. Halliszt kiválthatóságát célzó vizsgálatok

7.3.1. Különböző takarmányalkotók hatása a harcsa teljesítményére növényi fehérje alapú táp etetése során

A műanyag kádas, recirkulációs rendszernek helyet adó termet besötétítettem, a helyiség hőmérsékletét elektromos fűtőberendezéssel 20-24°C között tartottam (átlag $\pm$ SD: 22,4 $\pm$ 0,8°C). A víz hőmérsékletét és az oldott oxigéntartalmat naponta mértem (11. ábra). A kísérlethez 120 db, tápra szoktatott halat használtam fel. A legkisebb tömegű egyed 29,4 g, míg a legnagyobb 61,8 g volt (m_{átlag} $\pm$ SD: 42,9 $\pm$ 6,8 g).

A kísérlet során négy különböző kezelést alkalmaztam. Az egyik csoportot malactáppal (BabyPro Classic 35, AGRIBRANDS Europe Hungary zrt., Magyarország) (M), egy másik csoportot (MV) malactáp és vérlist keverékével (9:1), a harmadik csoportot (MF) malactáp és fermentált gabona keverékével (5:5), a negyedik csoportot (HF) pedig kereskedelmi harcsatáp (HALTÁP Kft., Magyarország) és fermentált gabona keverékével (7:3) etettem. A malactáp szinte kizárólag növényi eredetű fehérjét

tartalmazott (búza, kukorica, szója). A fermentált gabonakeverék kukoricából, búzából és rozsból állt 2:1:1 arányban. A kísérleti tápok beltartalmi értékei a *III. táblázatban* találhatóak.



11. ábra: A víz hőmérséklet és az oxigéntartalom alakulása a kísérlet során

III. táblázat: A kísérletben használt tápok beltartalmi értékei. M: malactáp, MF: malactáp+fermentált gabona (5:5), MV: malactáp + vérliszt (9:1), HF: harcsatáp + fermentált gabona (7:3).

	száraz- anyag %	nyers- fehérje %	nyers- zsír %	nyers- rost %	nyers- hamu %	Ca %	P %
M	94,0	19,0	7,4	1,4	5,2	0,83	0,51
MF	94,0	17,7	5,7	1,7	4,4	0,81	0,49
MV	92,9	25,5	6,5	1,9	4,8	0,77	0,48
HF	91,9	34,1	5,1	1,2	8,1	1,68	1,10

A kezeléseket három-három ismétlésben végeztem. *Ad libitum* etetésre törekedtem, naponta háromszor adtam a halaknak annyi takarmányt, amennyit pár perc alatt elfogyasztottak. Amikor nem vették fel a takarmányt, az etetést azonnal beszüntettem. A halak egyedi tömegét kéthetente mértem vízben, 0,1 g pontossággal, digitális mérlegen, a testhosszát pedig 0,5 cm pontossággal, saját készítésű halmérő táblán. A mérlegelés előtti napon a halakat már nem etettem.

7.3.2. Halliszt kiváltása húsliszttel, illetve növényi fehérjével

A kísérletet az akváriumos rendszerben végeztem. Az egyes akváriumokba 15-15 darab egynyaras halat helyeztem, melyek indulási átlagtömege $70,9 \pm 9,4$ g ($m_{\text{átlag}} \pm \text{SD}$) volt. A halak az Öreglaki Halász Kft. gazdaságából származtak.

Az alkalmazott három kezelést a következő takarmányok jelentették: hallisztes táp, húslisztes táp és növényi táp (IV. táblázat). Ez utóbbi kizárólag növényi eredetű alapanyagokat tartalmazott. A három táp egymással közel izonitrogén volt, valamint az aminosav-összetételük is hasonló (V. és VI. táblázat) volt. A táprecepteket a csatornaharcsa ismert táplálóanyag szükséglete alapján készítettük el. A kezeléseket 3-3 ismétlésben végeztem. A halak a kísérleti takarmányokat 12 órán keresztül, automata szalagvető segítségével kapták. A napi takarmányadag a halbiomassza 2,5%-a volt mindegyik kezelés esetében.

IV. táblázat: A kísérleti takarmányok százalékos összetétele.

alkotó	hallisztes	húslisztes	növényi
extrahált szójadara	30,3%	25,0%	40,0%
halliszt	19,0%	0%	0%
húsliszt	0%	17,0%	0%
kukorica	26,5%	27,1%	16,4%
kukoricaglutén	12,2%	18,8%	19,1%
búza	10,0%	0%	10,0%
extrahált repcedara	0%	0%	10,0%
MCP	0%	0%	1,3%
L-lizin	0%	0,5%	0,4%
DL-metionin	0%	0,1%	0%
napraforgó olaj	1,5%	0,8%	2,2%
premix*	0,5%	0,5%	0,5%

*A-vitamin: 400 000 NE/kg, D3 vitamin: 200 000 NE/kg, E-vitamin: 6000 mg/kg, K3-vitamin: 918 mg/kg, B1-vitamin: 500 mg/kg, B2-vitamin: 1200 mg/kg, B6-vitamin: 1000 mg/kg, pantoténsav: 3000 mg/kg, folsav: 500 mg/kg, C-vitamin: 10 000 mg/kg, Ca: 22,8%, Fe: 6000 mg/kg, Zn: 40 324 mg/kg, Mn: 5022 mg/kg, Cu: 1000 mg/kg, Se: 22,5 mg/kg, I: 496 mg/kg, antioxidáns: 2000 mg/kg.

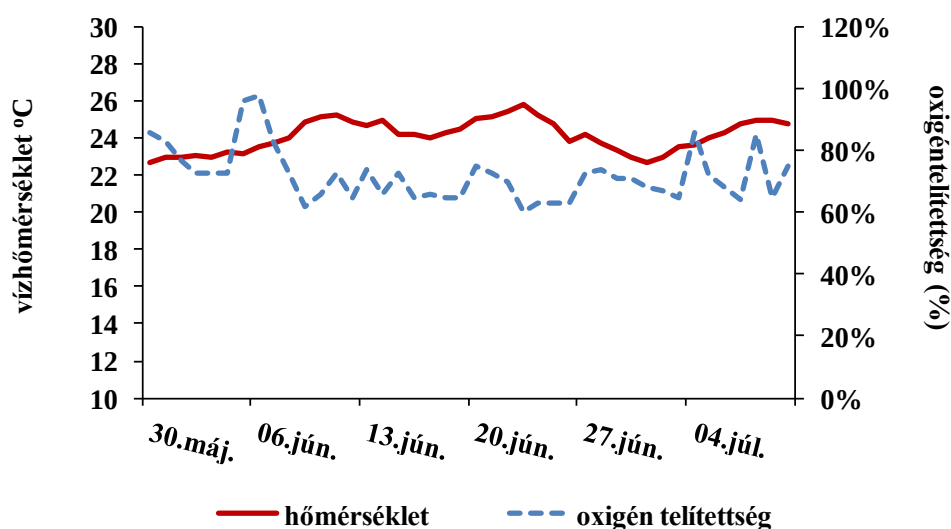
IV. táblázat: A kísérleti takarmányok beltartalmi értékei.

takarmány	száraz- anyag %	nyers- fehérje %	nyers- hamu %	nyers- zsír %	nyers- rost %	Ca %	P %
növényi	88,90	34,65	5,60	4,39	3,62	0,34	0,81
hallisztes	89,40	34,55	7,10	5,05	0,44	0,57	0,97
húslisztes	90,70	35,60	5,90	5,15	1,52	0,54	0,81

VI. táblázat: A kísérleti takarmányok és a harcsa teljes test aminosav összetétele táp, illetve testtömeg százalékában és a lizin arányában feltüntetve.

	növényi		hallisztos		húslisztos		hal	
	%	%/lizin	%	%/lizin	%	%/lizin	%	%/lizin
CYS	0,58	0,31	0,49	0,26	0,51	0,28	0,13	0,12
ASP	2,82	1,49	2,98	1,60	2,53	1,40	1,34	1,22
MET	0,80	0,42	0,76	0,41	0,79	0,44	0,41	0,37
THR	1,24	0,66	1,30	0,70	1,17	0,65	0,60	0,55
SER	1,60	0,85	1,50	0,81	1,55	0,86	0,57	0,52
GLU	5,81	3,07	5,30	2,85	5,31	2,93	1,86	1,69
PRO	2,07	1,10	1,89	1,02	2,56	1,41	0,64	0,58
GLY	1,28	0,68	1,73	0,93	2,27	1,25	0,98	0,89
ALA	1,80	0,95	1,95	1,05	2,13	1,18	0,91	0,83
VAL	1,54	0,81	1,53	0,82	1,47	0,81	0,69	0,63
ILE	1,40	0,74	1,38	0,74	1,24	0,69	0,59	0,54
LEU	2,98	1,58	2,78	1,49	2,96	1,64	1,04	0,95
TYR	1,35	0,71	1,23	0,66	1,22	0,67	0,47	0,43
PHE	1,62	0,86	1,52	0,82	1,49	0,82	0,58	0,53
HIS	0,86	0,46	0,86	0,46	0,79	0,44	0,41	0,37
LYS	1,89	1,00	1,86	1,00	1,81	1,00	1,10	1,00
ARG	1,79	0,95	1,93	1,04	1,98	1,09	0,84	0,76

Naponta mértem a víz oxigén telítettségét és hőmérsékletét ($24,1 \pm 0,9$ °C) (12. ábra), hetente pedig a halakra káros szerves nitrogénformák koncentrációját ($\text{NH}_4^+ < 0,47$ mg/l, $\text{NH}_3 < 0,04$ mg/l; $\text{NO}_2^- < 0,62$ mg/l; $\text{NO}_3^- < 56$ mg/l). A halak tömegét szintén hetente mértem, 0,1 g pontossággal, vízben. A mérések előtti napon a halakat nem etettem.



12. ábra: A vízhőmérséklet és az oxigéntelítettség alakulása a kísérleti rendszerben.

A hat hétig tartó kísérlet végén kezelésként, 5-5 egyedet felboncoltam. Mértem a hasúri zsír és a máj tömegét. Majd a halakból kezelésként egyesített, homogén, pépesített mintát állítottam elő, amelyekből teljes test analízis történt. Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Állatélettani és Takarmányozástani Tanszéki Csoport munkatársai mérték a halak szárazanyag-, fehérje-, zsír-, hamu-, Ca- és P-tartalmát. A kontroll csoport esetében a teljes test aminosav-profiljának meghatározása is megtörtént.

7.4. Analitikai vizsgálatok

A vízkémiai vizsgálatokat LOVIBOND MultiDirect (Tintometer GmbH, Németország) egyutas fotométerrel végeztem, a vízhőmérsékletet és a víz oldott oxigéntartalmát OXYGUARD Handy Delta (OxyGuard International A/S, Dánia) elektródos kézi műszerrel mértem.

A kísérleti takarmányok és a halhús, illetve teljes test analitikai vizsgálatát a Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Állatélettani és Takarmányozástani Tanszéki Csoport munkatársai végezték az MSZ 6830-4 1981 magyar szabvány szerint. A nyersfehérje tartalmat a Kjeldahl módszer szerint (MSZ 6830/4), a nyerszsír tartalmat a Soxhlet módszer szerint (MSZ 6830/9), a szárazanyag tartalmat az MSZ ISO 1442 2000 számú, míg a hamu tartalmat az MSZ ISO 936 2000 számú szabvány szerint határozták meg.

Az analitikai vizsgálatokhoz a következő műszereket használták fel:

- fehérjemeghatározás: Tecator Kjeltac System 1028 (Foss, Dánia)
- aminosav analízis: INGOS Amino Acid Analyzer AAA400 (Ingos Ltd., Cseh Köztársaság)
- elemmeghatározások: Perkin Elmer AAnalyst 200 atomabszorpciós spektrométer (PerkinElmer Inc., USA) és Jenway 6100 (Bibby Scientific Limited, Egyesült Királyság) spektrofotométer.

7.5. Mérések, számítások, statisztikai értékelés

A halak tömegmérését minden alkalommal digitális táramérlegen (VIBRA AJ, Shinko Denshi Co. Ltd., Indonézia) végeztem, vízben, 0,1 g pontossággal. A halak hossz-mérése saját készítésű halmérő táblán történt 0,5 cm pontossággal.

A kísérletek során számított mutatók meghatározására az alábbi képleteket használtam:

- Takarmányértékesítés (FCR):

$$FCR = \frac{\text{felvett takarmány (g)}}{\text{végső testtömeg(g)} - \text{kiindulási testtömeg (g)}}$$

- Napi súlygyarapodás (growth, G):

$$G \left(\frac{g}{nap} \right) = \frac{\text{végső testtömeg(g)} - \text{kiindulási testtömeg(g)}}{\text{eltelt idő (nap)}}$$

- Specifikus növekedési ráta (specific growth rate, SGR):

$$SGR(\%/nap) = 100 * \frac{\ln(\text{végső testtömeg (g)}) - \ln(\text{kiindulási testtömeg(g)})}{\text{eltelt idő (nap)}}$$

- Kondíciófaktor (K):

$$K = 100 * \frac{\text{átlag testtömeg(g)}}{\text{átlag teljes testhossz(cm)}^3}$$

- Relatív gyarapodás:

$$\% = \frac{\text{végső tömeg (g)}}{\text{kiindulási tömeg (g)}} * 100$$

- Az állományon belüli szétnövés szemléltetésére a variációs koefficienszt használtam:

$$CV\% = \frac{\text{szórás(SD)}}{\text{átlag}} * 100$$

A statisztikai elemzésekhez az SPSS 14.0 for Windows programcsomagot (SPSS Inc., USA) és Statistica 8.0 programot (StatSoft Inc., USA) használtam. A szignifikancia kritériumaként minden esetben 95%-os valószínűséget határoztam meg. A normális eloszlás illeszkedésvizsgálatához Shapiro-Wilk tesztet és Kolmogorov-Smirnov próbát, a varianciák homogenitás vizsgálatához pedig Levene tesztet alkalmaztam. Az átlagok összevetésére, ahol az adatok eloszlása eltért a normális eloszlástól, Kruskal-Wallis tesztet, és Mann-Whitney u-próbát használtam. A normális eloszlású változók esetében, az átlagok összehasonlítására, egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) alkalmaztam, Tukey és Tamhane post hoc tesztekkel kiegészítve. Azoknál az adathalmazoknál, ahol ugyanaz a minta többször került elemzésre az időben, pl. átlagtömeg, növekedési mutatók, az átlagok összevetése ismétléses varianciaanalízissel (Repeated Measures ANOVA) történt, Newman-Keuls post hoc teszttel kiegészítve. A függvényillesztések vizsgálata a determinációs koefficiens (R^2) meghatározásával történt, Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft Corporation, USA) program használatával.

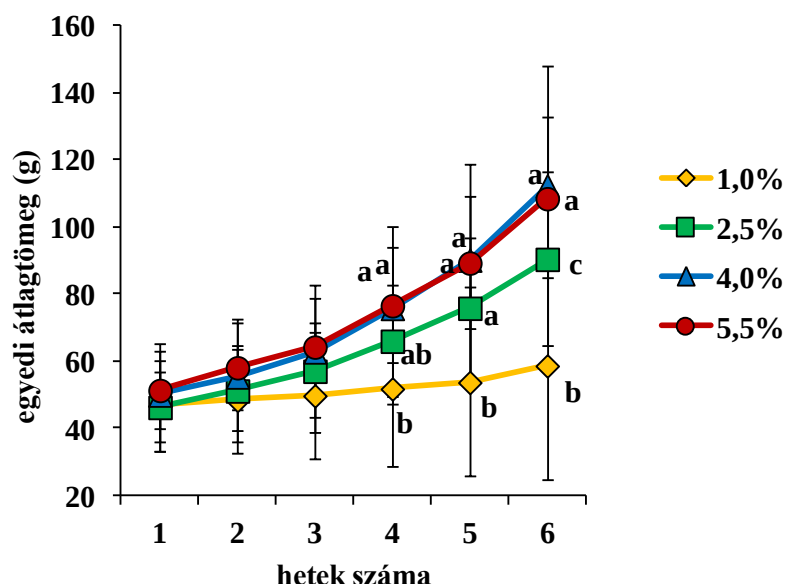
8. Eredmények

8.1. Takarmányozás-technológiai paraméterek vizsgálata

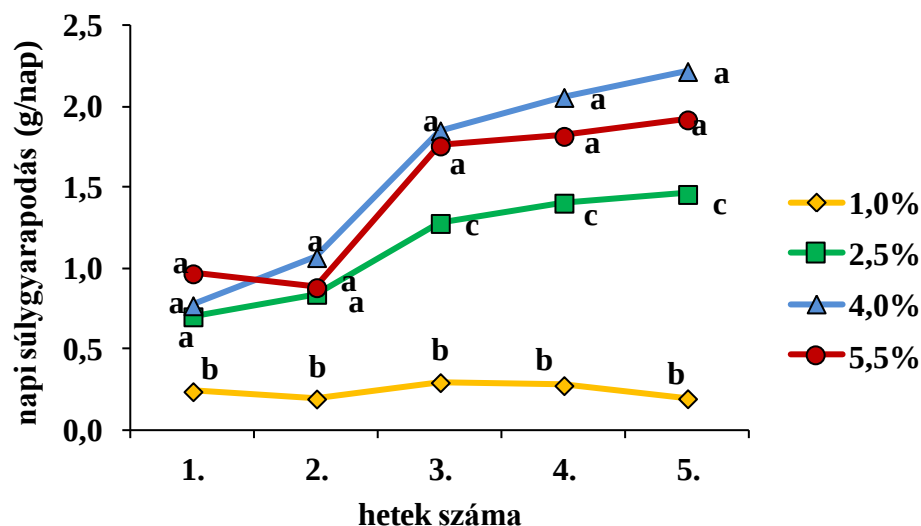
8.1.1. Optimális napi takarmányadag meghatározása

Az egyes kezelések kiindulási átlagtömegei nem különböztek egymástól jelentősen (13. ábra). A kísérlet végére a halak megduplázták a kiindulási testtömegüket. Ez alól kivétel az 1%-os csoport volt, melynek növekedési üteme jelentősen alulmaradt a másik három csoport növekedési üteméhez képest ($p < 0,01$). A kísérlet végére a legmagasabb átlagtömeget a 4%-os és az 5,5%-os csoport érte el, szignifikáns különbség a két kezelés között nem volt. A 2,5%-os csoport növekedési üteme statisztikailag jelentős mértékben elmaradt az előbbi két csoport növekedésétől ($p < 0,01$).

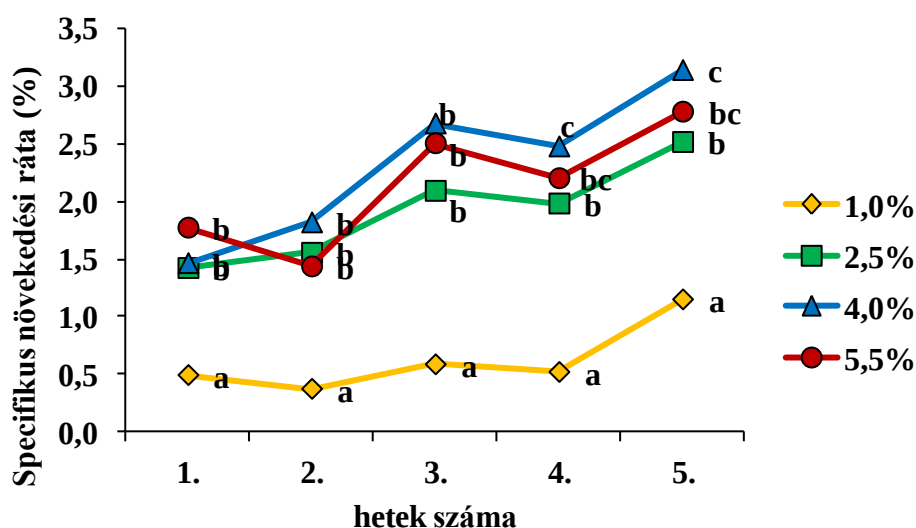
A fentieket mutatják a napi súlygyarapodás (14. ábra) és a specifikus növekedési ráta (15. ábra) értékei is. Az 1%-os csoport értékei mindkét mutató esetében jelentősen elmaradtak a másik három kezelés értékeitől ($p < 0,05$). A kísérlet első hetétől eltekintve a 4%-os csoport növekedése volt a legnagyobb, mind abszolút, mind pedig százalékos értékben kifejezve. A 2,5%-os csoport növekedési üteme a kísérlet végére szignifikánsan eltért a 4%-os csoportétól ($p < 0,05$).



13. ábra: Az egyedi átlagtömeg alakulása a kísérlet során. A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek ($p < 0,05$).



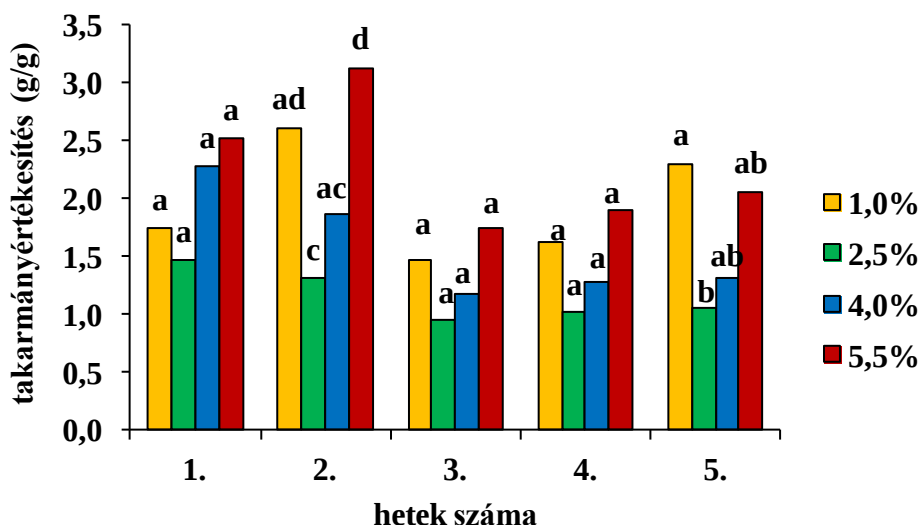
14. ábra: A napi súlygyarapodás alakulása az egyes kezelések között. A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek ($p < 0,05$).



15. ábra: A specifikus növekedési ráta heti értékei. A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek ($p < 0,05$).

A takarmányhasznosítás a kísérlet teljes időtartama alatt a 2,5%-os csoport esetében volt a legjobb (16. ábra). Ez a kezelés a kísérlet végén szignifikánsan különbözött az 1%-os csoporttól ($p < 0,05$). A leggyengébb takarmányhasznosítást az 1%-os és az 5,5%-os csoport halai mutatták, melyek egymástól nem különböztek szignifikánsan. A 4%-os és a 2,5%-os csoport hasznosítása között sem volt statisztikailag igazolható különbség, habár a 2,5%-os csoport értékei mindvégig kedvezőbbek voltak. Mindegyik kezelés

esetében megfigyelhető volt, hogy a takarmányértékesítés a harmadik héttől javult, majd a kísérlet utolsó két hetében kissé romlott.



16. ábra: A takarmányértékesítés alakulása a kísérlet során. A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek ($p < 0,05$).

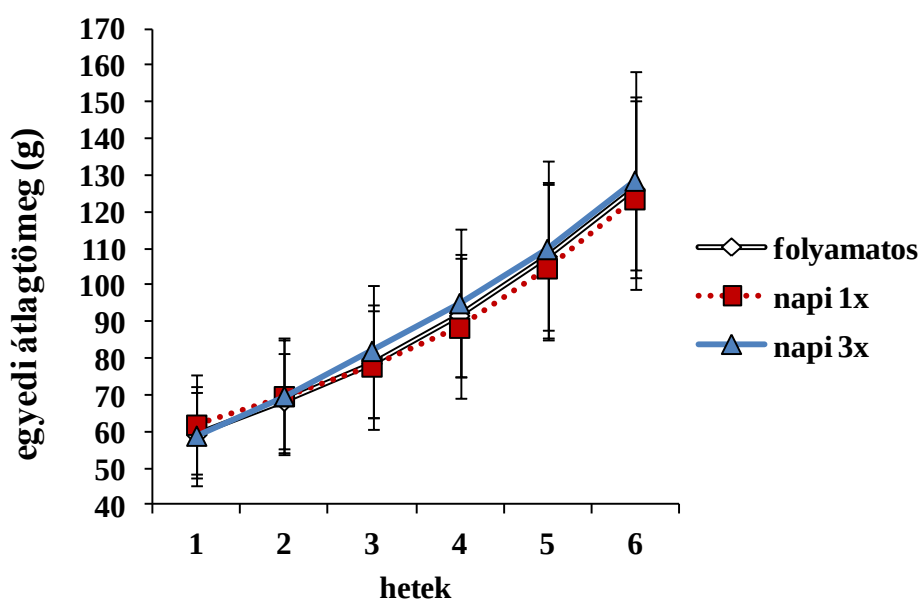
A kísérleti állomány szétnövése az 1%-os csoportban volt a legkifejezettebb, ahol a variációs koefficiens értéke a kísérlet folyamán duplájára nőtt, míg a másik három csoport esetében nem, vagy csak kis mértékben emelkedett. Ezt szemléltetik a VII. táblázatban feltüntetett értékek. A variációs koefficiensen kívül a legnagyobb és legkisebb tömegű egyed közötti különbség is ebben a csoportban volt a legjelentősebb. A szétnövés jelensége az 5,5%-os kezelés esetében volt legkevésbé megfigyelhető.

VI. táblázat: A szórás, a variációs koefficiens (CV%) és a legnagyobb és legkisebb egyed tömege közötti különbség a kísérlet indulásakor (i) és zárásakor (z).

	szórás/i (g)	szórás/z (g)	CV% /i	CV% /z	max- min/i (g)	max- min/z (g)
1,0%	13,52	33,82	29	58	58,5	144,6
2,5%	10,37	26,17	22	29	47,6	105,1
4,0%	15,11	35,77	30	32	48,8	126,7
5,5%	11,40	23,94	22	22	45,3	77,3

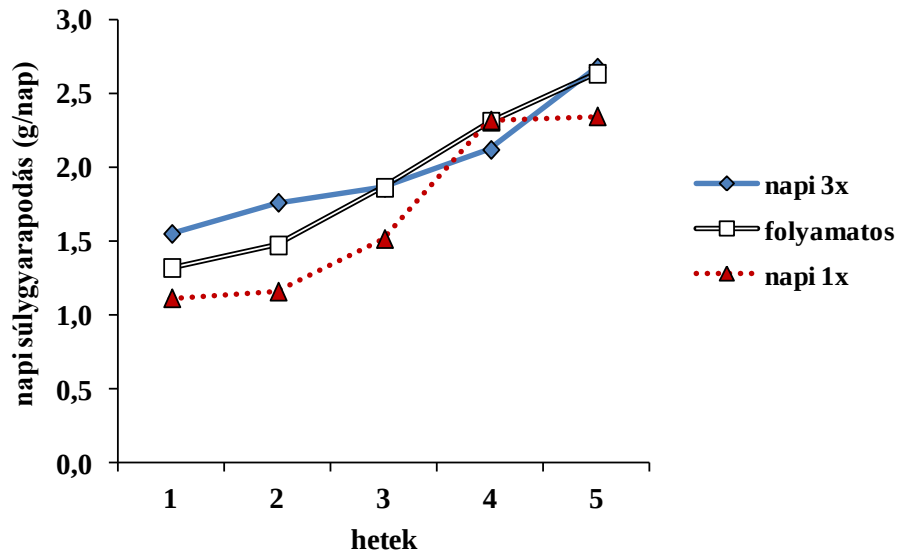
8.1.2. Optimális etetési gyakoriság meghatározása

Az öt hétig tartó kísérlet alatt az egyedek megkétszerezték a testtömegüket, az átlagtömeg $59,9 \pm 12,8$ g értékről $126 \pm 27,3$ g értékre nőtt (17. ábra). Az átlagtömeget tekintve a folyamatosan etetett halak 213,5 %-os, a napi 3 alkalommal etetett halak 218,3 %-os, míg a napi 1 alkalommal etetett csoport halai 199,5 %-os gyarapodást értek el. A halak növekedése exponenciális függvénnyel írható le ($R^2:0,99$). Az egyes kezelések között nem mutatkozott szignifikáns különbség az átlagtömeg tekintetében.



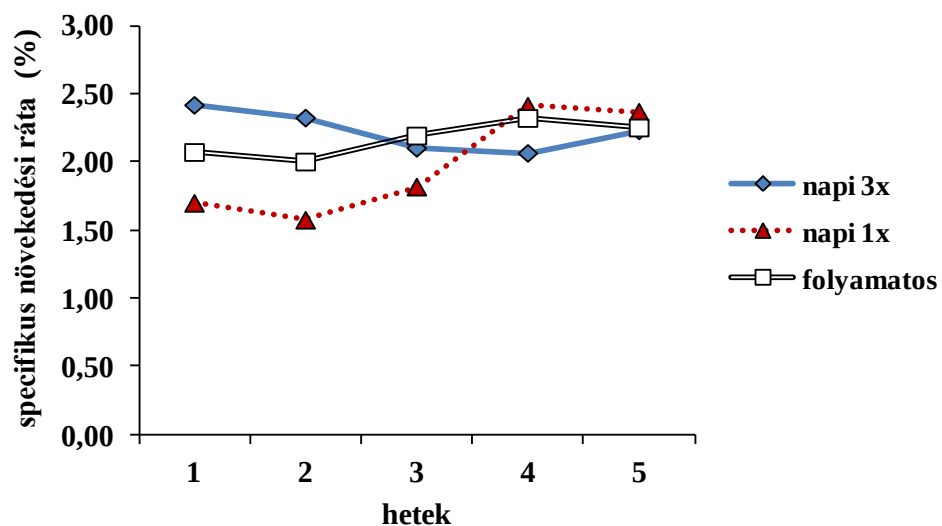
17. ábra: Az átlagtömeg értékek alakulása a kísérlet során, a három kezelésben.

Az átlagtömeg növekedésével párhuzamosan, a napi súlygyarapodás mértéke is nőtt mindhárom kezelés esetén (18. ábra). Az intenzitás növekedése a napi 3 alkalommal takarmányozott csoportnál volt a legkisebb. A kezdeti érték 1,8-szeresére nőtt a kísérlet végére. A másik két kezelés esetében ez a növekedés kétszeres volt. A kísérlet elején megfigyelhető különbségek így kiegyenlítődtek a kísérlet végére. A növekedés intenzitásában az egyes kezelések között nem mutatkozott szignifikáns különbség.



18. ábra: A halak napi súlygyarapodása g/nap értékben.

A specifikus növekedési ráta értékeiben az első héten még jól megfigyelhető, bár nem szignifikáns, különbségek voltak láthatók (19. ábra). A kezdetben leggyorsabb növekedésű csoport (napi 3x) növekedési üteme a kísérlet végére kis mértékben csökkent, míg a másik két csoport értékei növekedtek. A kísérlet végére a három kezelés százalékos növekedése közel azonos volt, közöttük szignifikáns különbség nem mutatkozott.



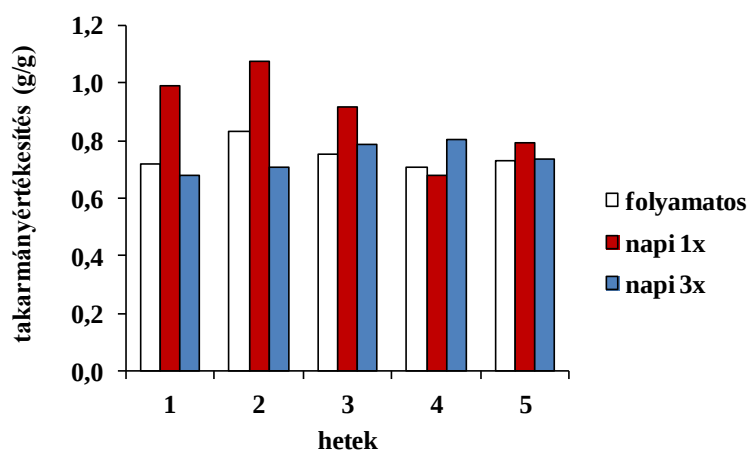
19. ábra: A halak specifikus növekedési sebessége az egyes kezelésekben.

A kondíciófaktor a kísérlet második hetében mindhárom kezelés esetén kiugróan magas értéket képviselt (VIII. táblázat). A jelenség oka nem ismert. Ettől a mérési alkalomtól eltekintve az egyedek kondíciója a kísérlet alatt gyakorlatilag konstans volt, $0,61 \pm 0,01$ átlagértékkel. A kezelések között a halak kondíciójában nem volt számottevő különbség.

VII. táblázat: A kísérleti csoportok átlagos kondíciófaktora a vizsgálat során.

hetek	kezelések		
	folyamatos	napi 3x	napi 1x
1.	0,62	0,63	0,63
2.	0,73	0,74	0,72
3.	0,61	0,61	0,61
4.	0,60	0,60	0,60
5.	0,60	0,60	0,60
6.	0,60	0,60	0,59
átlag	0,63	0,63	0,63
szórás (SD)	0,05	0,06	0,05

A takarmányértékesítés a kísérlet elején a napi 1 alkalommal etetett halak esetében volt a leggyengébb (20. ábra). Az utolsó mérésig a takarmányértékesítés javulása volt megfigyelhető ebben a csoportban ($p < 0,05$). A másik két kezelés egymástól nem különbözött és nem változott a kísérlet zárásáig. Ekkor a három kezelés takarmányértékesítése között már nem volt különbség. A vizsgálat teljes időtartamára számított takarmányértékesítés a napi 1 alkalommal etetett csoport esetében volt a legrosszabb: 0,89. A másik két kezelés takarmányértékesítése között nem volt számottevő különbség (folyamatos: 0,76; napi 3 alkalom: 0,77).



20. ábra: A takarmányértékesítés alakulása a kísérlet folyamán.

A szétnövés mértékét és változását a IX. táblázat mutatja be CV% értékekben kifejezve.

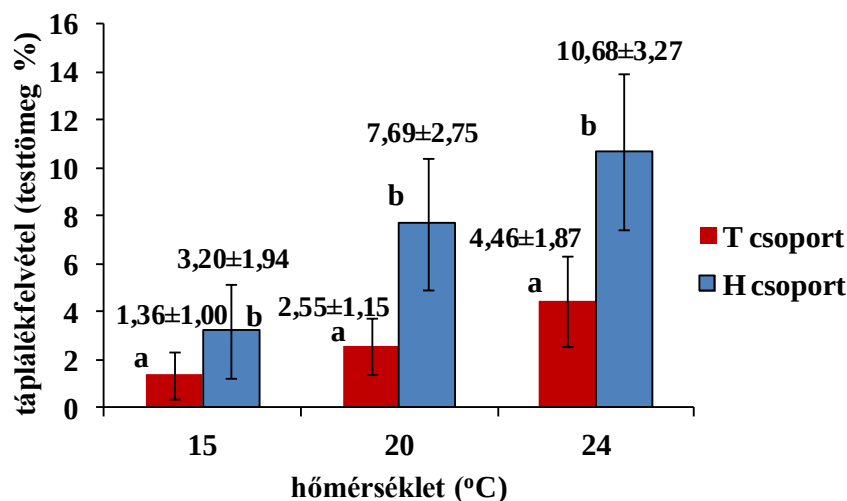
IX. táblázat: A kezeléseken belüli szétnövés CV% értékekben kifejezve.

hetek	folyamatos	kezelések	
		napi 3x	napi 1x
1.	19	23	22
2.	19	23	22
3.	19	22	22
4.	18	21	22
5.	18	22	22
6.	19	23	23

A táblázat adataiból kitűnik, hogy a kezelések gyakorlatilag nem befolyásolták az egyedek közötti szétnövést. A kísérlet időtartama alatt maximálisan 2%-os változás volt megfigyelhető az egyes kezeléseken belül. A napi 1 alkalommal etetett halak közötti méretkülönbség mindössze 1 %-kal nőtt. A másik két kezelés esetében a kiindulási és záró értékek megegyeztek.

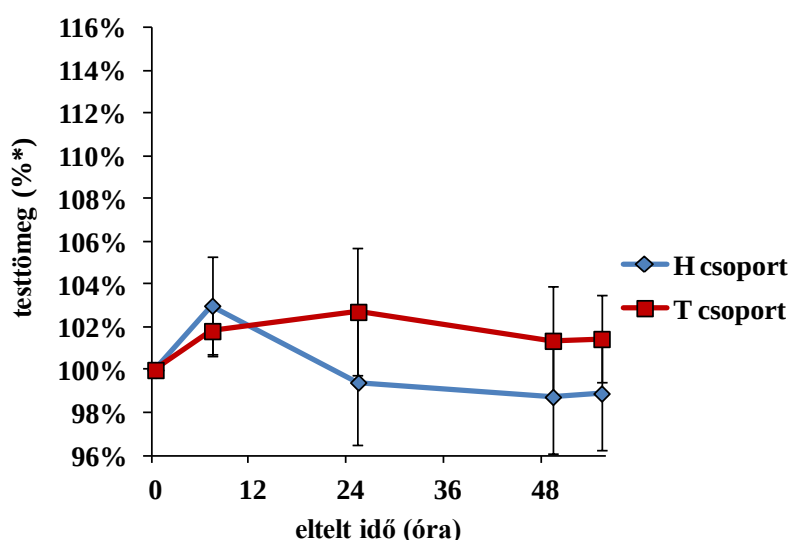
8.1.3. Különböző takarmányok kiürülési idejének vizsgálata

A halak étvágya erősen függött a víz hőmérsékletétől. 20 és 24°C-on az összes hal fogyasztott a felkínált táplálékból. 15°C-on, a H csoport esetében a halak 90,9%-a, míg a T csoport esetében csak 42,4%-a táplálkozott. Az elfogyasztott takarmány mennyisége a hőmérséklet emelkedésével egyenes arányban nőtt. 3,20% és 10,68% között változott a takarmányhalas csoport és 1,36% - 4,46% között a tápos csoport esetében a halak testtömeg százalékában kifejezve. Ezt szemlélteti a 21. ábra. A H csoport és a T csoport takarmányfelvétele között szignifikáns különbség volt megfigyelhető mindhárom hőmérsékleten ($p < 0,05$).



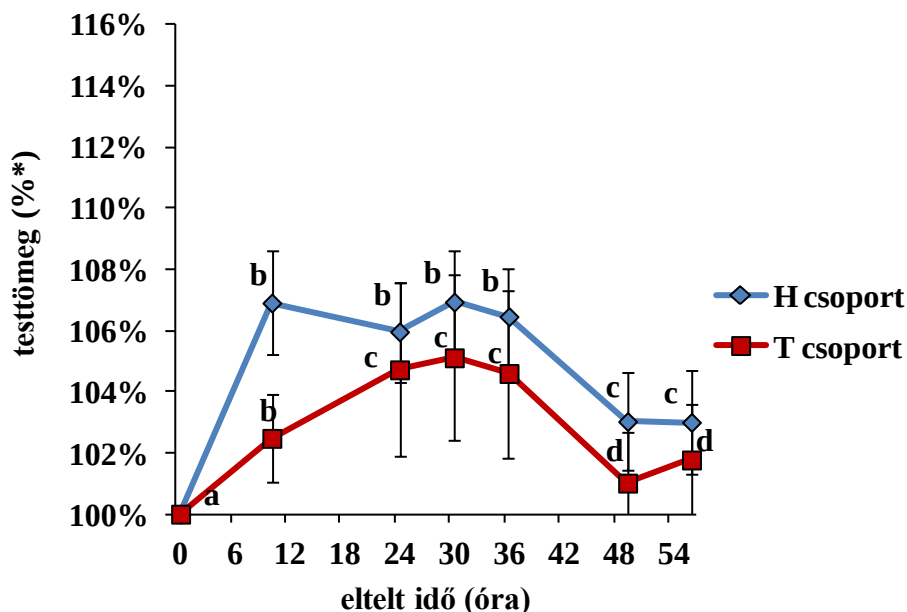
21. ábra: Az egyszerre elfogyasztott takarmány tömege a halak testtömegének százalékában kifejezve. T csoport: száraz táp, H csoport: takarmányhal. A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek ($p < 0,05$).

Alacsony hőmérsékleten (15°C) az elfogyasztott takarmány mennyisége a mérési hibahatár (0,2 g) közelében volt, ami bizonytalanra teszi az eredmények értékelését. Az elfogyasztott takarmány tömege a T csoport esetében a 2 %-ot sem érte el. A mérések eredményeit százalékos formában közöltem az üres bélcsatornájú halak tömegéhez viszonyítva, amelyet 100%-nak tekintettem. A 15 fokon végzett kísérlet során előfordultak 100%-nál kisebb mért adatok (22. ábra). Ezek nyilvánvalóan mérési hibából fakadó bizonytalanságok, melyek a görbe értelmezésének nehézségeit okozták. Emiatt a béltartalom kiürülésének időpontját nem tudtam megállapítani.

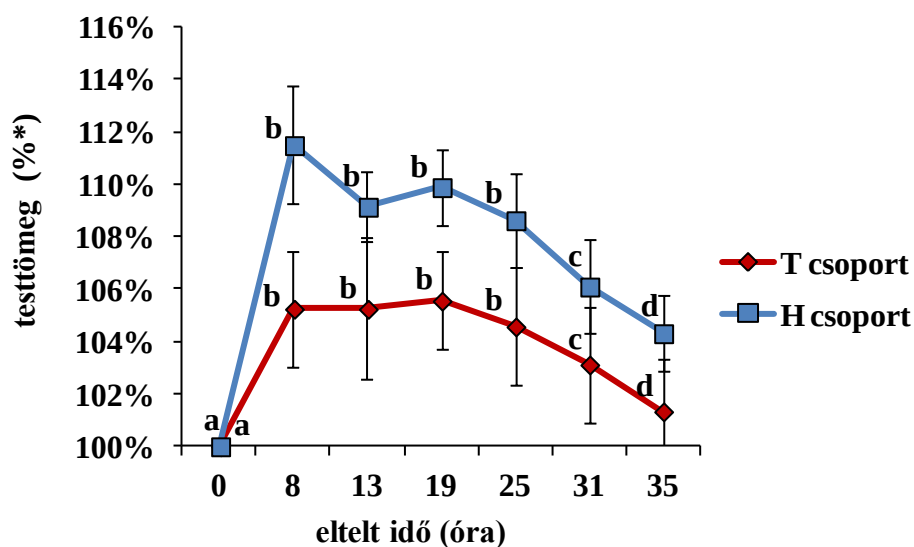


22. ábra: A halak tömegének százalékos változása 15°C-on. 100% az üres bélcsatornájú hal tömege. T csoport: száraz táp, H csoport: takarmányhal.

20°C-on a takarmány kiürülése az etetést követő 36. óra és 49. óra között történt (23. ábra). 24°C-on jelentősen felgyorsult a halak anyagcseréje. Az ürítés már a 19. órában megkezdődött és a 35. óráig befejeződött (24. ábra). Az alkalmazott módszerrel nem tudtam különbséget kimutatni a táplálékhal és a száraz táp áthaladási ideje között.



23. ábra: A halak tömegének százalékos változása 20°C-on. * 100% az üres bélcsatornájú hal tömege. T csoport: száraz táp, H csoport: takarmányhal. A különböző betűk egy kezelésen belül szignifikáns különbséget jelölnek ($p < 0,05$).

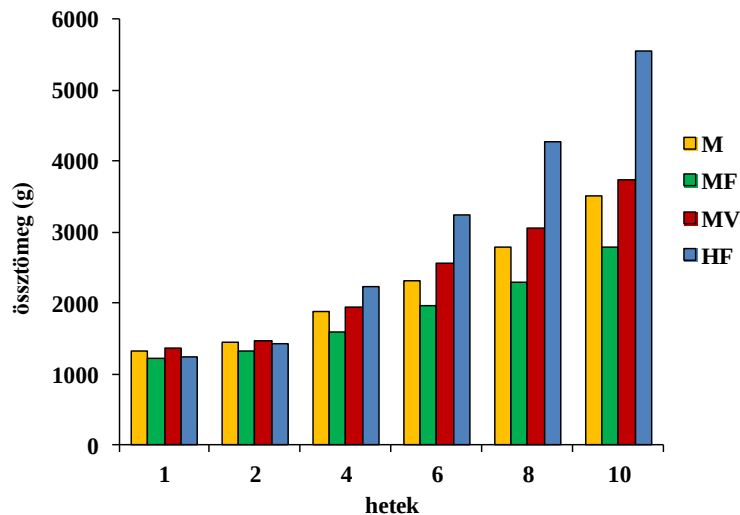


24. ábra: A halak tömegének százalékos változása 24°C-on. * 100% az üres bélcsatornájú hal tömege. T csoport: száraz táp, H csoport: takarmányhal. A különböző betűk egy kezelésen belül szignifikáns különbséget jelölnek ($p < 0,05$).

8.2. Halliszt kiválthatóságát célzó vizsgálatok

8.2.1. Különböző takarmányalkotók hatása a harcsa teljesítményére növényi fehérje alapú táp etetése során

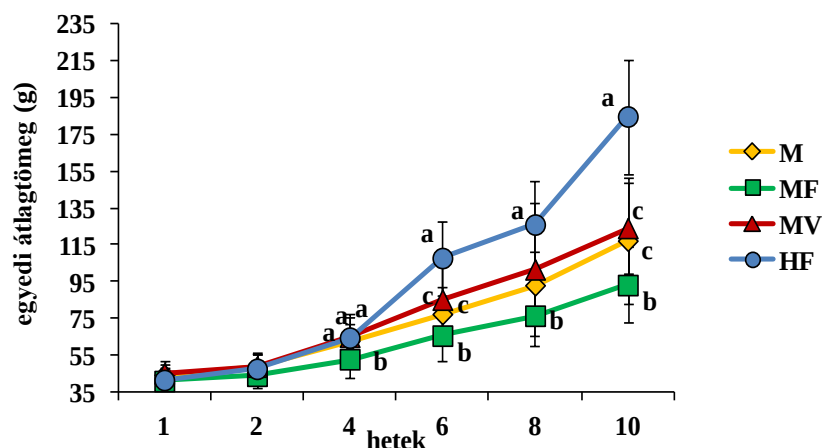
A kísérlet végén a halak tömeg szerinti eloszlása normális volt, ami arra utal, hogy a kísérleti beavatkozás egyenletes hatásként érte a halakat.



25. ábra: A kezelésenkénti össztömeg alakulása. M: malactáp, MF: malactáp+fermentált gabona (5:5), MV: malactáp + vérliszt (9:1), HF: harcsatáp + fermentált gabona (7:3).

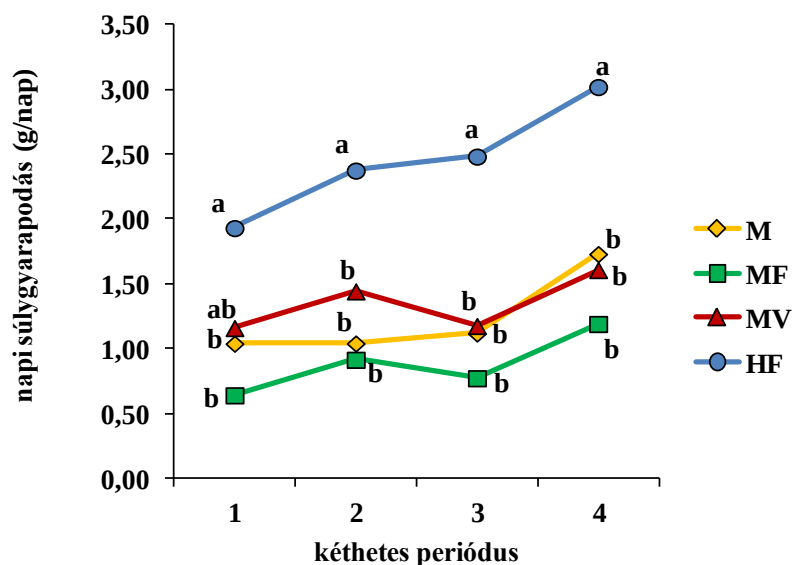
A kísérlet teljes időtartama alatt a kezelésenkénti összes gyarapodás a következő volt: M csoport: 2191,5 g; MF csoport: 1567,5 g; MV csoport: 2372,8 g, HF csoport: 4303,1 g. A kísérlet végén a kezelésenkénti össztömeg a HF csoport esetében volt a legnagyobb, az MF csoport esetében a legkisebb. Az M és MV csoportok között nem volt jelentős különbség (25. ábra).

A kiindulási átlagtömegek nem különböztek egymástól szignifikánsan. A kísérlet zárásakor, a HF csoport átlagtömege jelentősen nagyobb volt a másik három csoport átlagtömegénél ($p < 0,01$). Az M és az MV csoport teljesítménye között nem találtam szignifikáns különbséget. A legrosszabb növekedési eréllyel az MF csoport egyedei rendelkeztek ($p < 0,01$) (26. ábra).



26. ábra: A harcsák átlagtömege a kísérlet során. M: malactáp, MF: malactáp+fermentált gabona (5:5), MV: malactáp + vérliszt (9:1), HF: harcsatáp + fermentált gabona (7:3). A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek ($p < 0,05$).

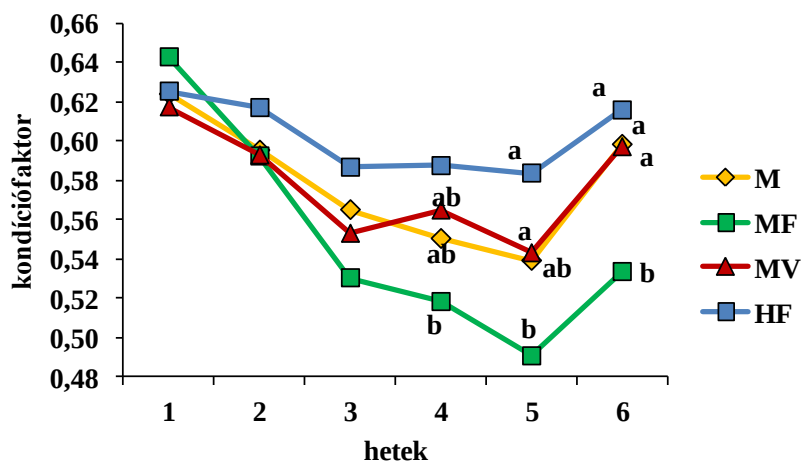
A napi súlygyarapodás mértéke a HF csoport esetében, a kísérlet teljes időtartama alatt kb. kétszerese volt a növényi fehérje alapú tápot fogyasztó csoportok növekedésének. A napi testtömeg-gyarapodás mind a négy kezelés esetében növekedett a kísérlet folyamán. (27. ábra). A kísérlet végén a HF csoport növekedési üteme szignifikánsan meghaladta a másik három csoport növekedési ütemét ($p < 0,01$).



27. ábra: A napi súlygyarapodás értékei kéthetenkénti bontásban. M: malactáp, MF: malactáp+fermentált gabona (5:5), MV: malactáp + vérliszt (9:1), HF: harcsatáp + fermentált gabona (7:3). A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek ($p < 0,05$).

A halak kondíciófaktora a kísérlet folyamán csökkent, ez azonban nem kondícióromlásnak, hanem az intenzívebb hossznövekedésnek köszönhető. A

kondíciófaktor csak a kísérlet utolsó hetében kezdett ismét növekedni. Értéke a vizsgálat végére a malactáp és fermentált gabona keverékét fogyasztó halak esetében volt a legalacsonyabb ($p<0,05$). A többi három kezelés esetében a halak kondíciója közel azonos volt (28. ábra).



28. ábra: A kondíciófaktor alakulása a kísérlet során. M: malactáp, MF: malactáp+fermentált gabona (5:5), MV: malactáp + vérliszt (9:1), HF: harcsatáp + fermentált gabona (7:3). A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek ($p<0,05$).

A takarmányértékesítés (FCR) a kísérlet teljes időtartamára vonatkoztatott átlagértéke a HF csoport esetén volt a legkedvezőbb az MF csoport halainál pedig a legrosszabb (X. táblázat). Az M és MV csoportok takarmányhasznosítása között nem volt jelentős különbség. Szignifikáns különbség a HF csoport javára jelentkezett a másik három csoporttal szemben a kísérlet harmadik hetében ($p<0,05$). A takarmány hasznosítása a HF csoport esetében kis mértékben romlott a kísérlet végére, míg a másik három kezelés esetében határozott trend nem volt megfigyelhető. A halak naponta testtömegük 0,6-3,4%-ának megfelelő mennyiségű száraz tápot fogyasztottak el.

X. táblázat: A takarmányértékesítés (FCR) értékei a kísérlet során. A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek ($p<0,05$).

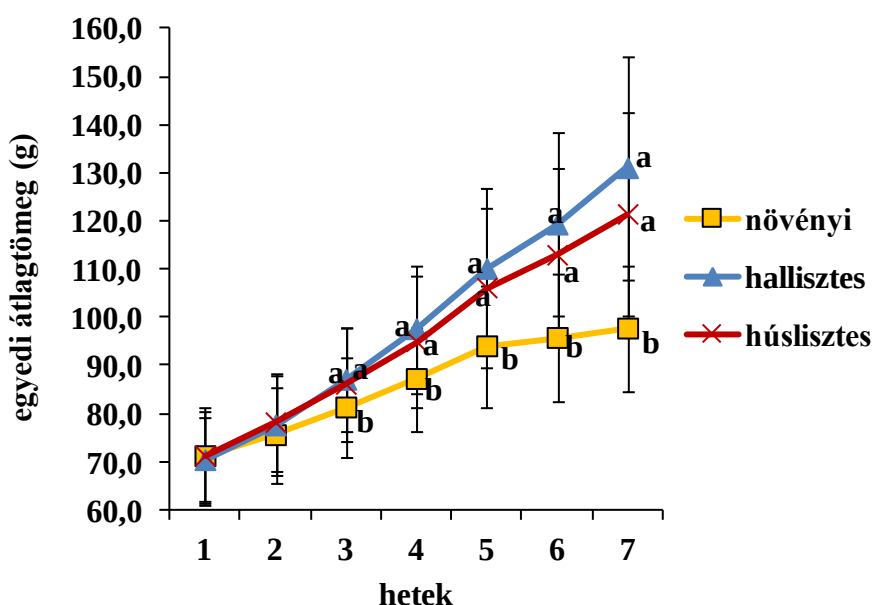
hetek	M	MF	MV	HF
1	1,53±0,06 ^{ab}	1,98±0,23 ^a	1,53±0,18 ^{ab}	0,95±0,04 ^b
2	1,73±0,30 ^a	1,75±0,15 ^a	1,47±0,23 ^{ab}	1,00±0,03 ^b
3	1,75±0,12 ^a	2,25±0,54 ^a	1,87±0,27 ^a	1,01±0,16 ^b
4	1,45±0,50 ^a	1,86±0,19 ^a	1,72±0,10 ^a	1,26±0,26 ^a
átlag±SD	1,61±0,15	1,96±0,22	1,64±0,18	1,05±0,14

M: malactáp, MF: malactáp+fermentált gabona (5:5), MV: malactáp + vérliszt (9:1), HF: harcsatáp + fermentált gabona (7:3).

A szórás és a relatív szórás is a vérlisztes csoport esetén volt a legnagyobb (35,94 g; 0,35) míg a malactápos csoport esetén a legkisebb (6,14 g; 0,14).

8.2.2. Halliszt kiváltása húsliszttel, illetve növényi fehérjével

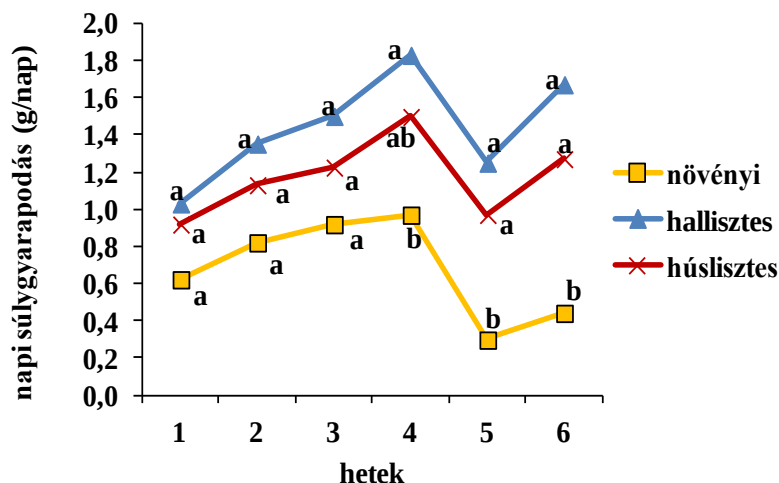
A halak növekedése a hallisztes csoport esetében exponenciális egyenlettel (R^2 : 0,99) volt közelíthető, míg a másik két csoport lineáris növekedési ütemet (R^2 : 0,96 – 0,99) mutatott (28. ábra). A halak átlagtömege $70,9 \pm 9,4$ g-ról $117,0 \pm 24,0$ g értékre nőtt a hat hetes kísérlet során. A növényi csoport 137,3%, a hallisztes csoport 186,2%, a húslisztes csoport pedig 170,5% súlygyarapodást ért el. A kísérlet elején nem volt szignifikáns különbség az egyes kezelések között. A kísérlet harmadik hetében ugyanakkor a növényi csoport növekedése már statisztikailag igazolható mértékben elmaradt a másik két csoporttól ($p < 0,05$), és ez a kísérlet végéig így is maradt. A húslisztes és a hallisztes csoport növekedése között nem tapasztaltam szignifikáns különbséget, bár a hallisztes csoport növekedése gyorsabb volt.



28. ábra: Az egyedi átlagtömeg alakulása. A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek ($p < 0,05$).

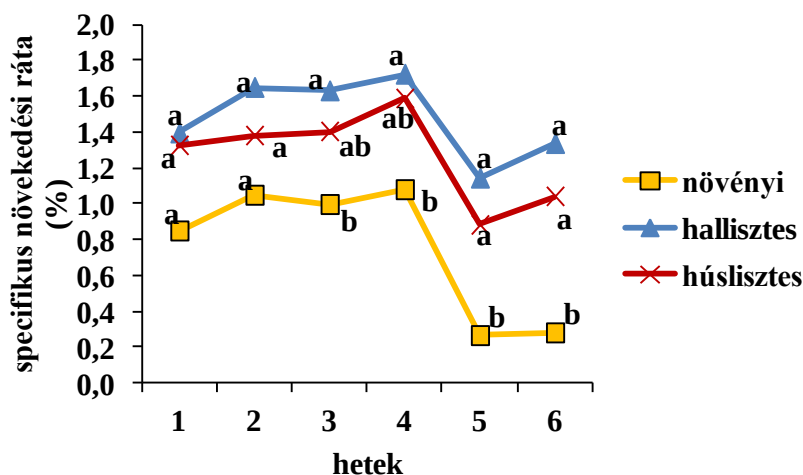
A napi súlygyarapodás a növényi csoportban volt a legkisebb a kísérlet teljes időtartama alatt, 0,25 g/nap és 0,97 g/nap között változott. A legnagyobb napi tömeggyarapodást a hallisztes csoport érte el 1,82 g/nap értékkel. A napi súlygyarapodás mindhárom kezelés esetén növekedett, majd az ötödik héten egy

jelentős visszaesést követően ismét lassan emelkedni kezdett. A húslisztes csoport szintén jó növekedést mutatott, a két másik kezelés közötti értékeket vett fel. A növényi fehérjés csoport növekedési üteme a kísérlet végén már szignifikánsan elmaradt a másik két csoport növekedési ütemétől ($p < 0,01$) (29. ábra).



29. ábra: A napi súlygyarapodás a kísérlet folyamán. A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek ($p < 0,05$).

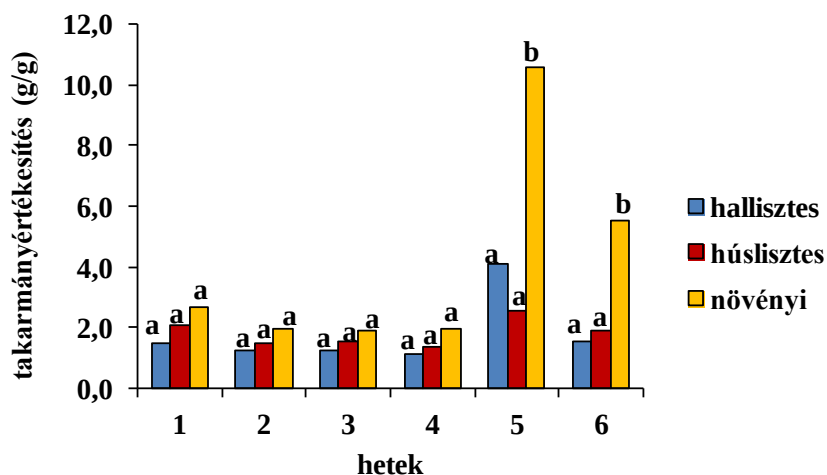
A specifikus növekedési ráta a napi súlygyarapodásnál látott görbéhez hasonlóan mutat (30. ábra).



30. ábra: A specifikus növekedési ráta a kísérlet folyamán. A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek ($p < 0,05$).

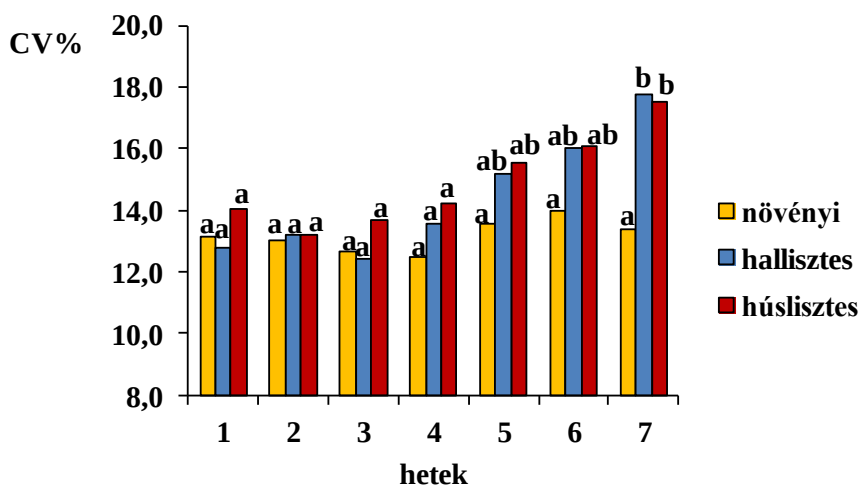
A takarmányértékesítés a kísérlet ideje alatt mindhárom kezelés esetében fokozatos csökkenést mutatott, majd az 5. héten váratlanul, nagymértékben megnőtt, majd ismét csökkenni kezdett. Értéke a hallisztos csoport esetében volt a legkedvezőbb, a kísérlet

első négy hetében 1,3 átlagértékkel. Ugyanebben az időszakban a húslisztes csoport takarmányértékesítése 1,6, míg a leggyengébb növényi csoporté 2,1 volt. Az egyes kezelések értékei között szignifikáns különbség nem volt. Ez alól kivétel az 5. és 6. hét, amikor a növényi fehérjés csoport takarmányértékesítése jelentősen romlott ($p<0,01$) (31. ábra).



31. ábra: A takarmányértékesítés (FCR) a kísérlet folyamán. A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek ($p<0,05$).

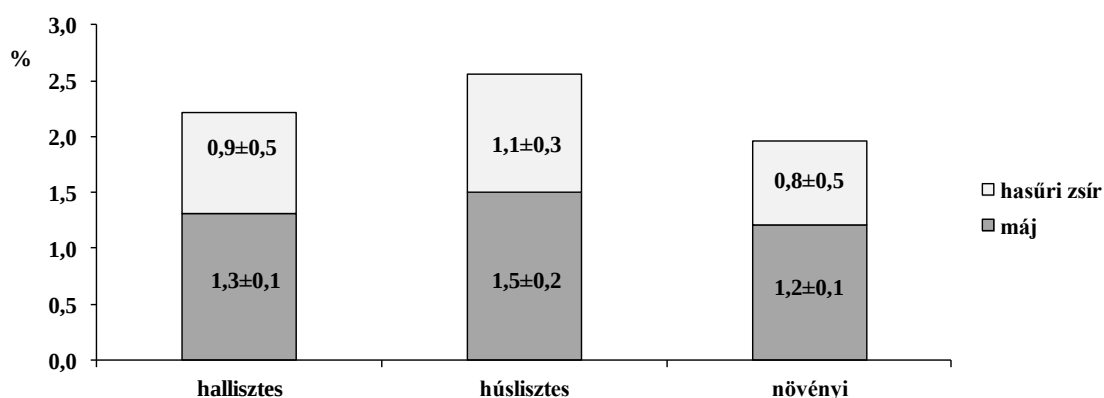
A növényi csoport esetében a variációs koefficiens kisebb ingadozásokat mutatott. A másik két csoport esetében az egyedek közötti szétnövés határozott növekedést mutatott, a kísérlet első négy hetében tapasztalt értékek és az utolsó hét értékei között tapasztalt különbség szignifikáns volt ($p<0,05$). A hallisztes csoport egyedei közötti átlagos különbség 39%-kal, míg a húslisztes csoport esetében 25%-kal nőtt (32. ábra).



32. ábra: A variációs koefficiens értéke az egyes kezelésekben. A különböző betűk egy kezelésen belül szignifikáns különbséget jelölnek ($p<0,05$).

A kezelésenként felboncolt öt-öt hal esetében azt tapasztaltam, hogy a máj mérete a húslisztes csoport esetében volt a legnagyobb. Színbeli elváltozás, májelfajulás nem volt tapasztalható egyik esetben sem. Az egyes kezeléseken belül a máj mérete közel azonos volt, csekély szórást mutatott.

A hasúri zsír százalékos aránya közel azonos volt a három csoportban. Megjegyzendő, hogy a hasúri zsír aránya mind a három csoportban jelentős szórást mutatott (33. ábra). Szignifikáns különbség a kezelések között sem a hasúri zsír arányában, sem a máj méretében nem volt.



33. ábra: A máj és a hasúri zsír teljes testtömeghez viszonyított százalékos aránya.

A zsír- és a fehérjetartalom a növényi csoportban volt a legkisebb, míg a húslisztes csoportban a legnagyobb (XI. táblázat).

XI. táblázat: A kísérleti tápokot fogyasztó harcsák teljes testösszetétele.

	száraz- anyag %	fehérje %	hamu %	zsír %	Ca %	P %
növényi	21,20	13,96	2,27	4,79	0,25	0,44
hallisztes	21,60	14,46	2,52	4,81	0,25	0,50
húslisztes	21,70	14,57	2,13	5,22	0,22	0,41

9. Az eredmények értékelése és következtetés

9.1. Takarmányozás-technológiai paraméterek vizsgálata

9.1.1. Optimális napi takarmányadag meghatározása

Kísérletemben meghatároztam az egynyaras harcsa napi takarmányadag-szükségletét. A kísérletben tapasztalt növekedési mutatók egyöntetűen azt jelzik, hogy a 4%-os csoport növekedése a leggyorsabb, míg az 1%-os csoport növekedéséből arra lehet következtetni, hogy a létfenntartáshoz szükséges tápanyag- és energiaszükségletet alig haladja meg a felkínált takarmánymennyiség. Az 5,5%-os csoport valamelyest gyengébb növekedésének lehetséges oka, a nagymértékű táppazarlás miatt esetlegesen rosszabb vízminőség a haltartó kádakban. A 2,5%-os csoport növekedése gyengébb volt ugyan a másik két csoporténál, de még mindig kielégítőnek tekinthető. A takarmányértékesítés a 2,5%-os csoportban volt a legkedvezőbb, ami a viszonylag gyengébb növekedési ráta ellenére gazdaságossá teheti a termelést. Ebben a csoportban 1, illetve 1 alatti értékeket is tapasztaltam, ami érdekes eredmény, ha figyelembe vesszük, hogy az alkalmazott táp lényegesen (kb. 10%-al) alacsonyabb fehérjetartalmú, mint ami a harcsatermelésben megszokott (*Linhart és mtsai., 2002*). A kísérlet végére kismértékű gyengülés volt megfigyelhető a takarmányértékesítésben, ami feltehetően a romló vízminőségnek köszönhető. A szórás és a méretkülönbségre utaló mutatók alapján látható, hogy az alkalmazott napi takarmányadag növelésével párhuzamosan csökken a károsnak tekintett szétnövés mértéke. Más szerzők munkái is megerősítik, hogy a ritkább etetési gyakoriság hatására, az egyedek közötti dominanciaviszonyok nagyobb jelentőséget kaptak, az állományon belüli méretkülönbség nő (*Jobling, 1983*).

Az eredmények alapján elmondható, hogy az egynyaras méretű harcsa esetében napi 2,5-4% takarmányadag lehet gazdaságos víz hőmérséklettől (*Bailey és Alanärä, 2006*) és gazdasági stratégiától függően. Az ennél kisebb napi takarmányadag etetése következtében a növekedés lassú lesz, a halak kondíciója könnyen leromlik, betegségek léphetnek fel. Az ennél magasabb napi takarmányadag alkalmazása nem javasolt, mert a növekedést már nem befolyásolja pozitív irányban, ugyanakkor gazdaságilag előnytelen táppazarlást eredményez. Ráadásul az el nem fogyasztott bomló táp jelentősen ronthatja a vízminőséget, ami a hozam csökkenéséhez, betegségek megjelenéséhez vezethet (*Biswas és mtsai., 2006*). Az optimális takarmányadag meghatározásánál a hőmérséklet szerepét külön hangsúlyozni szükséges. *Bódis és Bercsényi (2009)* süllő (*Sander luciperca*) esetében hasonló eredményre jutottak, de kiemelik, hogy 17-18°C esetén

napi 2%, 24-25°C esetén napi 4% az ajánlott mennyiség. *Szabó és mtsai.* (2009) egynyaras kősüllő (*Sander volgensis*) takarmányozására alacsonyabb értéket, 1,5-2%-ot javasolnak.

9.1.2. Optimális etetési gyakoriság meghatározása

Számos fajnál vizsgálták már az optimális etetési gyakoriságot és annak hatását a növekedésre, a takarmányhasznosításra és a szétnövésre (*Jobling, 1983; Alanärä, 1992; Linnér és Brännäs, 2000; Zakés és mtsai., 2006; Silva és mtsai., 2007*). Lesőharcsa vonatkozásában eddig csak a természetes táplálkozási ritmus meghatározása történt meg (*Boujard, 1995; Boillet és mtsai., 2001*).

Jelen kísérletben vizsgáltam a különböző etetési gyakoriságok hatását lesőharcsa növekedésére, takarmányértékesítésére, kondíciójára és az állomány szétnövésére. Az irodalomban a különböző fajok esetében, különböző, egymással ellentétes eredmények találhatók az etetési gyakoriság hatását tekintve a növekedési ütemre (*Hogendoorn, 1981; Alanärä, 1992; Brännäs és Alanärä, 1992; Linnér és Brännäs, 2001; Wang és mtsai., 2009*). Saját vizsgálatunkban a lesőharcsa esetén azt tapasztaltuk, hogy az alkalmazott etetési gyakoriságok nem befolyásolták a harcsa növekedési ütemét. Ugyanezt más szerzők is tapasztalták sügérféléken (*Phillips és mtsai., 1998; Zakés és mtsai. 2006*).

Az optimális etetési gyakoriságot befolyásolja a takarmány bélcsatornán való áthaladásának időtartama is (*Riche és mtsai., 2004*). Egyik vizsgálatunk alapján (*Havasi és mtsai., 2013*) a lesőharcsa béltartalmának kiürüléséhez az alkalmazott 24°C-on 19-35 óra szükséges. Az étvágy ismételt megjelenését nem vizsgáltuk.

A ritkábban etetett halak fokozott takarmányfelvétele (*Ruohonen és Grove, 1996; Erol Dogan és mtsai., 2004; Silva és mtsai., 2007*) és a gyakrabban etetett halak csökkent hasznosítási hatásfoka (*Liu és Liao, 1999*) együttesen eredményezhette azt, hogy kísérletemben mind a növekedés intenzitása, mind pedig a takarmányértékesítés kiegyenlítődött az egyes kezelések között. Figyelemre méltó, hogy harcsában ez igen hamar, mindössze hat hét alatt megtörtént.

A kísérlet során az etetési gyakoriságnak nem volt lényeges hatása a takarmányértékesítésre sem. Ezt mások is megfigyelték süllőn (*Zakés és mtsai., 2006*), walleye-on (*Phillips és mtsai., 1998*) és atlanti tokon (*Acipenser oxyrinchus*) (*Giberson és Litvak, 2003*). A vizsgálat második szakaszában, köszönhetően a táp magas

fehérjetartalmának, mindhárom kezelési csoportban kedvező (0,7-0,8) takarmányértékesítést tapasztaltam.

Az állományon belüli szétnövés sem változott a kísérlet során, egyik kezelés hatására sem. Ez arra utalhat, hogy a harcsa esetében a csoporton belüli hierarchia nem számottevő, ha a halak nem éheznek. Hasonló eredményre jutottak más fajokon végzett vizsgálatok során (Jobling, 1983; Phillips és mtsai., 1998; Zakés és mtsai., 2006).

Habár kísérletemben az etetési gyakoriság a növekedés ütemére nem gyakorolt jelentős hatást, lesőharcsa etetésére a napi három vagy annál gyakoribb etetést javaslom. Ezzel mérsékelhető a vízminőség hirtelen változásainak káros hatása (Giberson és Litvak, 2003; Beliczky és mtsai., 2013), illetve kedvezőbb takarmányértékesítés várható.

9.1.3. Különböző takarmányok kiürülési idejének vizsgálata

A halak anyagcseréje és a víz hőmérséklete között szoros, pozitív kapcsolat van (Hidalgo és mtsai., 1999; Temming és Herrmann, 2001). A halgazdálkodók számára ez nyilvánvaló tény, de talán éppen ezért a téma publikáltsága hazai és nemzetközi szinten is csekély mértékű. A külföldi szakirodalom elsősorban tengeri halak anyagcseréjével foglalkozik (Dias és mtsai., 2010; Miegel és mtsai., 2010; Temming és Herrmann, 2001). Hazai pontyfélék béltraktusának kiürülésével *Specziár* (2002) foglalkozott természetesvízi körülmények között. Lesőharcsa gyomortartalmának ürülését *Molnár és Tölgy* (1962, 1963) vizsgálta röntgendiagnosztikai módszerrel. A nemzetközi irodalomban elterjedt vizsgálati módszerek szerint, a béltartalom kiürülésének időpontját valamilyen radiológiai kontrasztanyag vagy színezőanyag, pl. $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ detektálásával állapítják meg (Dias és mtsai., 2010; Freire et al, 2000). Kísérletemben egy alternatív, egyszerű tömegmérésen alapuló, módszert próbáltam ki.

Vizsgálatom során számszerűsítettem a harcsa takarmányfelvételének hőmérsékletfüggését. A nagyobb szárazanyag tartalom miatt a száraz táp gyorsabb kiürülését vártam. Ezt az alkalmazott módszerrel nem sikerült igazolni, annak ellenére, hogy ürülék megjelenését valóban a tápos csoportok esetében tapasztaltam korábban, mindhárom hőmérsékleten. A bélcsatorna kiürülésének idejét és időtartamát harcsánál 20°C és 24°C-on sikerült megállapítanom, mely az etetéstől számított 36. és 49., illetve a 19. és a 35. óra között zajlott.

Molnár és Tölgy (1962) röntgendiagnosztikai módszerrel vizsgálta a harcsa gyomortartalmának ürülését táplálékhallal való etetés esetén. 20-24 cm-es harcsák

esetén a következő eredményeket kapták: 15°C: 49±2,03 óra; 20°C: 28±3,98 óra; 24°C: 20±3,46 óra. Ugyanez a szerzőpáros süllő esetében, 20°C és 23°C-on a gyomor kiürülését 45 illetve 34 óra után tapasztalta (*Molnár és Tölgy, 1961*). A szerzők a két faj közötti jelentős különbséget a harcsa intenzív gyomormozgásával magyarázzák. A harcsa egységnyi hőmérsékletnövekedés esetén a süllőnél nagyobb mértékben fokozza az anyagcserét (*Molnár és Tölgy, 1963*). Tengeri hal (*Seriola lalandi*) esetében *Miegel és mtsai.* (2010) gyorsabb anyagcseréről számol be: 12°C-on 36 és 48 óra alatt, 21°C-on 12 és 16 óra alatt ürült ki a halak emésztőtraktusa.

9.2. Halliszt kiválthatóságát célzó vizsgálatok

9.2.1. Különböző takarmányalkotók hatása a harcsa teljesítményére növényi fehérje alapú táp etetése során

Korábban elvégzett előkísérletem eredményei alapján azt tapasztaltam, hogy a lesőharcsa nevelhető növényi fehérje alapú tápon, ugyanakkor a növekedés üteme nem volt kielégítő. A jelen kísérletben különböző hozzáadott alkotókkal próbáltam a kiindulásként szolgáló malactáp, a harcsa növekedésére gyakorolt, hatását javítani. Elhullás nem történt, a vizsgálati időszak alatt halegészségügyi problémák nem jelentkeztek. Nem volt megfigyelhető a ragadozóknál, intenzív rendszerekben gyakori marakodás sem.

A kísérletben alkalmazott takarmány-kiegészítések közül a 10%-os vérlist kiegészítés mutatott jobb eredményeket, azonban az alkalmazott mennyiség nem javította jelentősen a malactáp növekedésre gyakorolt hatását. A fermentált gabona kiegészítés mikrobiális fehérjében dúsítja a tápot, valamint a növényi tápanyagok feltárással, előemésztésével könnyebben hasznosíthatóvá teszik azt az állatok számára, ezért ennek a tápnak pozitív hatását vártam a kontroll malactáphoz képest (*Cho és Bureau, 2001; Yamamoto és mtsai., 2005*). Azonban a kísérlet során ez a táp szolgáltatta a legrosszabb eredményeket, feltehetően a csökkent nyersfehérje-tartalomnak köszönhetően. Ugyanakkor kiváló növekedést értem el a fermentált gabonát 30%-os arányban a kereskedelmi harcsatáphoz keverve. Ez jelentős eredmény, ha figyelembe vesszük az ily módon előállított táp egységnyi tömegére vetített csökkent halliszt tartalmát. Ez vitathatatlan ökológiai és gazdasági előnyökkel bír.

A kapott eredmények összhangban vannak a kísérleti tápok nyersfehérje-tartalma alapján várható növekedési mutatókkal. Valószínű azonban, hogy a harcsa növekedését elsősorban a tápok aminosav összetétele befolyásolja.

9.2.2. *Halliszt kiváltása húsliszttel, illetve növényi fehérjével*

A harcsa tápanyagigénye nem kellően feltárt, a témával foglalkozó szakirodalom nagyon gyér. A közeli rokon csatornaharcsa tápanyagigénye ugyanakkor tökéletesen feltárt (Robinson és Li, 1999, 2007; Robinson és mtsai., 2001, 2006). Kísérletemben ez utóbbi faj nevelésére használt, alacsony fehérjetartalmú táprecepteket próbáltam meg a lesőharcsa nevelésére adaptálni az egyetem takarmányozástani csoportjának segítségével.

A növekedés üteme a korábbi kísérleteimben megszokottnál alacsonyabb volt mindhárom kezelés esetében. Erre utal az is, hogy két csoport esetében a növekedés egyenlete exponenciális helyett lineáris összefüggéssel volt leírható. Ennek oka feltehetően nem az alacsony nyersfehérje-tartalom, hiszen más kísérletemben kedvezőbb növekedést kaptam hasonló fehérjetartalmú haltáppal. Sokkal valószínűbb, hogy az ok az alapanyagok nem megfelelő emészthetőségében, illetve a két faj eltérő igényeiben keresendő. A tápok beltartalmi azonosságának ellenére a kizárólag növényi fehérjét tartalmazó táp szignifikánsan gyengébb növekedést eredményezett már a kísérlet elején. Ez arra enged következtetni, hogy a tápgyártás során felhasznált alapanyagok emészthetősége a lesőharcsa esetében nagyon gyenge.

Ugyanakkor nagyon kedvező eredmény, hogy a húslisztes és a hallisztes táp hatása között nem volt lényeges eltérés. Ez azt jelentheti, hogy az Európai Unióban haltápgyártásra ismét engedélyezett (56/2013/EU rendelet) húsliszt megfelelő alternatívát nyújthat a halliszt kiváltására. Húsipari melléktermékek használatával haltápokban más szerzők is kedvező eredményeket értek el (Bureau és mtsai., 2000; Hu és mtsai., 2008; Millamena, 2002; Wang és mtsai., 2008).

Az ötödik héten bekövetkezett egy váratlan és ismeretlen esemény, amelynek kedvezőtlen hatása elsősorban a takarmányértékesítésen látszott. Az adott héten a halak nem vagy alig vettek fel takarmányt, ami a növekedés ütemét is visszavetette mindhárom csoportban.

Érdekes módon az egyedek közötti szétnövésre a növényi táp volt a legkedvezőbb hatással. Ennek oka számomra ismeretlen. Az alkalmazott táp másik pozitív hatása a

halak kisebb mértékű zsírfelhalmozásában jelentkezett az állati fehérjét tartalmazó csoportokkal szemben.

10. Összefoglalás

Kísérleti eredményeim alapján következtetésem az alábbiakban foglalható össze. Egynyaras harcsa takarmányozása során a napi 2,5-4 % (az állomány tömegében kifejezett) takarmányadag javasolható, az aktuális vízhőmérséklettől, illetve a gazdasági stratégiától függően. Hidegebb vízben, és ha a termelés során elsődleges cél a minél jobb takarmányhasznosítás, akkor a napi 2,5% körüli mennyiség ajánlott. Melegebb vízben, illetve ha a termelési cél a minél gyorsabb növekedés a 4% körüli napi takarmányadag alkalmazása javasolt.

Kísérletemben nem sikerült kimutatni az etetési gyakoriság hatását sem a növekedésre, sem a takarmányértékesítésre, sem pedig a szétnövésre. Más szakirodalmi hivatkozások alapján ugyanakkor a napi 3-szori vagy gyakoribb takarmányozás javasolt, hogy az etetések következményeként fellépő hirtelen vízminőség változás és az általa okozott stressz valószínűségét csökkenteni lehessen.

Igazoltam a harcsa étvágyának és anyagcsere intenzitásának hőmérsékletfüggését. A hőmérséklet emelkedésével a felvett takarmány mennyisége arányosan nőtt. A harcsa kb. két és félszer annyi természetes takarmányt (halhús) vett fel, mint száraz takarmányt. Ennek egyik oka, hogy a száraz takarmány szárazanyag tartalma kb. 4,5-szer nagyobb, mint a halhús szárazanyag tartalma. A bélcsatorna kiürülése a hőmérséklet növekedésével gyorsult. 20°C-on 36-49 óra alatt, 24°C-on 19-35 óra alatt ürült ki a halak bélrendszere.

Eredményeim alapján kijelenthető, hogy a lesőharcsa nevelhető kizárólag növényi fehérjét tartalmazó tápokon, ugyanakkor a növekedése az elvárt optimum alatt marad. A halliszt kiváltására a harcsa takarmányában, az általam vizsgált állati eredetű alapanyagok közül, a húsliszt tűnik a gyakorlatban is alkalmazhatónak.

Az általam végzett kísérletekben a növényi alapanyagok hasznosulása nem volt elegendő a kívánt növekedési ütem eléréséhez. A továbbiakban szükséges az emészthetőség javítási lehetőségeinek vizsgálata pl. enzimes vagy probiotikus kezelések alkalmazásával. Továbbá meg kell határozni a lesőharcsa optimális fehérje-, illetve aminosav-igényét, valamint az optimális emészthető fehérje : emészthető energia arányt.

11. Tézispontok

1. Megállapítottam, hogy egynyaras harcsa száraz táppal való takarmányozása során, 22-23°C vízhőmérsékleten, napi 2,5-4% takarmányadag (testtömeg %) tekinthető optimálisnak.
2. Megállapítottam, hogy egynyaras harcsa esetében az etetési gyakoriságnak nincs szignifikáns hatása a növekedés ütemére, illetve a takarmányértékesítésre.
3. Számszerűsítettem a harcsa takarmányfelvételének hőmérsékletfüggését száraz takarmány és halhús esetében, 15°C, 20°C és 24°C-on. Meghatároztam, hogy egynyaras harcsa esetében a béltartalom 20°C-on az etetést követő 36-49 óra alatt, 24°C-on pedig 19-35 óra alatt ürül ki.
4. Kísérletesen igazoltam, hogy egynyaras lesőharcsa szinte kizárólag növényi fehérje tartalmú tápon is nevelhető. Ebben az esetben azonban a halak növekedési üteme lényegesen lassabb. A filé zsírtartalma és a hasúri zsírfelhalmozás mértéke ugyanakkor növényi alapú tápok etetése során alacsonyabb.
5. Megállapítottam, hogy 10%-os vérliszt kiegészítés önmagában nem javította a szinte kizárólag növényi fehérjét tartalmazó tápnak, a harcsa növekedési ütemére gyakorolt, hatását.
6. Kimutattam, hogy a harcsa takarmányában a halliszt 100%-ban helyettesíthető húsliszttel, a növekedési ütem vagy a takarmányértékesítés jelentős csökkenése nélkül.

12. Thesis Points

1. It was determined, that 2.5-4% daily feed ration (body weight %) is appropriate for the one-summer old wels in cases of dry feed, at 22-23°C.
2. It was stated, that feeding frequency has no significant effect on growth rate or feed conversion in cases of one-summer old wels.
3. A numerical definition of temperature dependency of feed uptake was made in wels at 15°C, 20°C and 24°C, in the case of dry feed and forage fish. It was determined, that the evacuation of gut content occurs within 36-49 hours following feeding at 20°C and within 19-35 hours at 24°C.
4. It was verified in an experimental way, that one-summer old catfish can also be reared almost solely on plant protein. However in this case the growth rate is significantly lower. On the other hand, the fat content of the filet and the amount of visceral fat is lower when administering plant based feeds.
5. It has been demonstrated, that blood meal addition in 10% did not improve the effect of plant protein based feed on the growth performance of wels.
7. The author has shown, that 100% of fishmeal can be replaced with meat meal in the feeds of wels without any significant decrease in growing intensity or feed conversion.

13. Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet szeretném kifejezni konzulenseimnek Dr. Bercsényi Miklósnak és Dr. Nagy Szabolcsnak, akik szakmai hozzáértésükkel, tanácsaikkal irányították és segítették a munkámat.

Külön köszönöm a kísérleteknél nyújtott segítségüket munkatársaimnak, a tanszéki halas csoport dolgozóinak, PhD hallgatóinak: Merth Jánosnak, Dr. Németh Szabolcsnak, Dr. Valent Ferencnek, Szücs Rékának, Németh Sándornak, Felföldi Zoltánnak, Beliczky Gábornak, Balikó Tímeának és Horváth Zoltánnak. Az analitikai

vizsgálatokban és a kísérleti tápreceptek megalkotásában nyújtott segítségükért, köszönetet mondok a takarmányozástani tanszéki csoport munkatársainak: Dr. Dublec Károlynak, Dr. Pál Lászlónak, Dr. Wágner Lászlónak, Ertsey Csabának, Varga Juditnak és Végh Lászlónénak.

Köszönetet szeretnék mondani a kísérleti halak és az egyes kísérleti helyszínek biztosításáért valamint az elvégzett közös munkákért az Öreglaki Halász Kft. munkatársainak, Máté Zoltánnak és Máté Imrének; Aranyponty Zrt. munkatársainak, Lévai Ferencnek és Nagy Gábornak.

A kísérleti tápok biztosításáért köszönet Bódis Márknak és Kóbor Balázsnak.

Külön köszönet családomnak és barátaimnak a biztatásért, támogatásért!

A dolgozatban szereplő kísérletek egy részéhez az Európai Unió, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával (GOP-1.1.1-11-2011-0028) nyújtott anyagi támogatást.

14. Irodalomjegyzék

1. AAS T. S., HATLEN B., GRISDALE-HELLAND B., TERJESEN B. F., BAKKE-MCKELLEN A. M., HELLAND S. J. (2006) Effects of diet containing a bacterial protein meal on growth and feed utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 261:357-368.
2. ADAMEK Z., FASAIC K., SIDDIQUI M. (1999) Prey selectivity in wels (*Silurus glanis*) and African catfish (*Clarias gariepinus*). *Ribarstvo* 57(2): 47-60.
3. AKIYAMA D. M. (1988) Soybean meal utilization in fish feeds. Korean Feed Association Conference, Seol, Korea. American Soybean Association, Singapore.
4. AI Q., XIE X. (2005.) Effects of dietary soybean protein levels on energy budget of the southern catfish, *Silurus meridionalis*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 141:461-469.
5. AI Q., XIE X. (2006.) Effects of dietary soybean protein levels on metabolic response of the southern catfish, *Silurus meridionalis*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 144: 41-47.
6. ALLAN G. L., PARKINSON S., BOOTH M. A., STONE D. A. J., ROWLAND S. J., FRANCES J., WARNER-SMITH R. (2000) Replacement of fish meal in diets for

- Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture* 186:293-310.
7. ALANÄRÄ A. (1992) The effect of time-restricted demand feeding on the feeding activity, growth and feed conversion in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 108: 357–368.
 8. ALP A., KARA C., BÜYÜKÇAPAR H. M. (2004) Reproductive biology in a native european catfish, *Silurus glanis* L., 1758, population in Menzelet Reservoir. *Turk J Vet Anim Sci*, 28: 613-622.
 9. AMBARDEKAR A. A., REIGH R. C., WILLIAMS M. B. (2009) Absorption of amino acids from intact dietary proteins and purified amino acid supplements follows different time-courses in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture* 291:179-187.
 10. ANON. (2006) Alimentacion de peces en la salmonicultura Chilena: Tasas da conversion. *Temas del Salmon*, 1, 7.
 11. ÁRNASON J., IMSLAND A. K., GÚSTAVSSON A., GUNNARSSON S., ARNARSON I., REYNISSON H., JÓNSSON A. F., SMÁRADÓTTIR H., THORARENSEN H. (2009) Optimum feed formulation for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.): Minimum protein content in diet for maximum growth. *Aquaculture* 291:188-191.
 12. ASTLES K. L., GIBBS P. J., STEFFE A. S., GREEN M. (2009) A qualitative risk-based assessment of impacts on marine habitats and harvested species for a data deficient wild capture fishery. *Biological Conservation* 142: 2759-2773.
 13. AYADI F. Y., ROSENTRATER K. A., MUTHUKUMARAPPAN K. (2012) Alternative protein sources for aquaculture feeds. *Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition* 4:1-26.
 14. BAEVERFJORD G., KROGDAHL A. (1996) Development and regression of soybean meal induced enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., distal intestine: a comparison with the intestines of fasted fish. *Journal of Fish Diseases* 19:375-387.
 15. BAILEY J., ALANÄRÄ A. (2006) Effect of feed portion size on growth of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), reared at different temperatures. *Aquaculture* 253: 728-730.

16. BARAS E., SLEMBROUCK J., COCHET C., CARUSO D., LEGENDRE M. (2010) Morphological factors behind the early mortality of cultured larvae of the Asian catfish, *Pangasianodon hypophthalmus*. *Aquaculture* 298:211-219.
17. BELICZKY G., HAVASI M., NÉMETH S., BERCSÉNYI M., GÁL D. (2013) Environmental load of wels (*Silurus glanis*) fed by feeds of different protein levels. *AACL Bioflux* 6(1):12-17.
18. BERTSCH A., COELLO N. (2005) A biotechnological process for treatment and recycling poultry feathers as a feed ingredient. *Bioresource Technology* 96:1703-1708.
19. BÉKÉSI L. (1986) Az intenzív harcsanevelés állategészségügyi kérdései. *Halászat* 1986/2:46-48.
20. BICUDO Á. J. A., SADO R. Y., CYRINO J. E. P. (2009) Dietary lysine requirement of juvenile pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Aquaculture* 297:151-156.
21. BISHOP C. D., ANGUS R. A., WATTS S. A. (1995) The use of feather meal as a replacement for fish meal in the diet of *Oreochromis niloticus* fry. *Bioresource Technology* 54: 291-295.
22. BISWAS J. K., SARKAR D., CHAKRABORTY P., BHAKTA J. N., JANA B. B. (2006) Density dependent ambient ammonium as the key factor for optimization of stocking density of common carp in small holding tanks. *Aquaculture* 261:952-959.
23. BIZJAEV F. N. (1952) K metodike opredelenaja vozrasta i rosta soma, *Silurus glanis*. *L-Zool. Zhurn.* 31: 696-699.
24. BÓDIS M., BERCSÉNYI M. (2009) The effect of different daily feed rations on the growth, condition, survival and feed conversion of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) reared with dry feed in net cages. *Aquaculture International* 17:1-6.
25. BOLLIET V., ARANDA A., BOUJARD TH. (2001) Demand feeding rhythm in rainbow trout and European catfish Synchronisation by photoperiod and feed availability. *Physiology és Behavior*, 73: 625-633.
26. BONDARI K. (1990) Reproduction and genetics of the channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquat. Sci.* 2-3:357-374.
27. BORSOS Á., RADICS F., SZABÓ T. (2007) Intenzív környezetben nevelt szürke harcsa (*Silurus glanis*) indukált szaporításának tapasztalatai. *XXXI. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas*, 2007. 05. 16-17.

28. BOUJARD T. (1995) Diel rhythms of feeding activity in the European catfish, *Silurus glanis*. *Physiology és Behavior*, 58: 641-645.
29. BRÄNNÄS E., ALANÄRÄ A. (1992) Feeding behaviour of the Arctic charr in comparison with the rainbow trout. *Aquaculture*, 105: 53–59.
30. BRETSCHNEIDER F. (1974) Electoreceptive properties of *Silurus glanis* (L.). *Experientia* 30:1035.
31. BRETT J. R., SHELBOURN J. E., SHOOP C. T. (1969) Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in relation to temperature and ration size. *J. Fish. Res. Bd Can.* 26:2363.
32. BRETT J. R., GROVES T. D. D. (1979) Physiological Energetics. In: Hoar W. S., Randall D. J., Brett J. R. (Eds.). *Fish Physiology*, vol. 8. Academic Press, New York, 279-352.
33. BROWN T. W., CHAPPELL J. A., BOYD C. E. (2011) A commercial-scale, in-pond raceway system for *Ictalurid* catfish production. *Aquacultural Engineering* 44:72-79.
34. BRUTON M. N. (1996) Alternative life-history strategies of catfishes. *Aquatic Living Resources* 9:35-41.
35. BRZUSKA E. (2003) Artificial propagation of European catfish (*Silurus glanis*): Application of a single dose of pellets containing D-Ala⁶, Pro⁹-Net-Mgnrh and dopamin inhibitor to stimulate ovulation in females of different body weighth. *Czech J. Anim. Sci.* 48: 152-163.
36. BUREAU D. P., HARRIS A. M., BEVAN D. J., SIMMONS L. A., AZEVEDO P. A., CHO C. Y. (2000) Feather meals and meat and bone meals from different origins as protein sources in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. *Aquaculture* 181:281-291.
37. CACOT PH., HUNG L. T. (1997) Overview of the catfishes aquaculture. In: *Fisheries and Aquaculture Vol. III., Encyclopedia of Life Support Systems*
38. CADDY J. F., GARIBALDI L. (2000) Apparent changes in the trophic composition of world marine harvests: the perspective from the FAO capture database. *Ocean és Coastal Management* 43: 615-655.
39. CHIU C., CHENG C., GUA W., GUU Y., CHENG W. (2010) Dietary administration of the probiotic, *Saccharomyces cerevisiae* P13, enhanced the growth, innate immune responses, and disease resistance of the grouper, *Epinephelus coioides*. *Fish és Shellfish Immunology* 29:1053-1059.

40. CHO C. Y., BUREAU D. P. (2001) A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. *Aquaculture Research* 32:349-360.
41. COWEY C. B. (1975) Aspects of Protein utilization by Fish. *Proc. Nutr. Soc.* 34: 57.
42. COWEY C. B.; LUQUET P. (1983) Physiological basis of protein requirement of fishes. Critical analysis of allowances. In: Arnal M., Pion R., Bonin D. (Eds.) *Protein Metabolism and Nutrition*, INRA, Paris vol 1. 365-384.
43. COWEY C. B., TACON A. G. J. (1983) Fish nutrition – relevance to marine invertebrates. In: Pruder G. D., Langdon C. J., Conklin D. E. (Eds.). *Proceedings of the Second International Conference on Aquaculture Nutrition: Biochemical and Physiological Approaches to Shellfish Nutrition*, Baton Rouge, Louisiana State University, 13-30.
44. CZARNECKI M., ANDRZEJEWSKI W., MASTYŃSKI J. (2003) The feeding selectivity of wels (*Silurus glanis* L.) in Lake Góreckie. *Archives of Polish Fisheries* 11:141-147.
45. DABROWSKI K. (1977) Protein requirements of grass carp fry (*Ctenopharyngodon idella* Val.). *Aquaculture* 12:63.
46. DAVIES S. J., GOUVEIA A. (2008) Enhancing the nutritional value of pea seed meals (*Pisum sativum*) by thermal treatment or specific isogenic selection with comparison to soybean meal for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture* 283:116-122.
47. DAVIES S. J., GOUVEIA A. (2010) Response of common carp fry fed diets containing a pea seed meal (*Pisum sativum*) subjected to different thermal processing methods. *Aquaculture* 305:117-123.
48. DECKERT K. (1974) Uránia Állatvilág: Halak, Kéltúék, Hüllök. *Gondolat Kiadó, Budapest*.
49. DELGADO C. L., WADA N., ROSEGRANT M. W., MEIJER S., AHMED M. (2003) Outlook for Fish to 2020: Meeting Global Demand. *International Food Policy Research Institute, Washington, DC*.
50. DERSJANT-Li Y. (2002) The use of soy protein in aquafeeds . In: Cruz-Suárez L. E., Ricque-Marie D., Tapia-Salazar M., Gaxiola-Cortés M. G., Simoes N. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuicola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de*

Nutrición Acuicola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.

51. DEVITSINA G. V., MALJUKINA G. A. (1977) On the functional organization of the olfactory organ in macro and microsomatic fish. *Voprosy Ikhtiologii* 17: 493-502.
52. DIAS J., CONCEICAO L. E. C., RIBEIRO A. R., BORGES P., VALENTE L. M. P., DINIS M. T. (2009) Practical diet with low fish-derived protein is able to sustain growth performance in gilthead seabream (*Sparus aurata*) during the grow-out phase. *Aquaculture* 293:255-262.
53. DIAS J., YÚFERA M., VALENTE L. M. P., REMA P. (2010) Feed transit and apparent protein, phosphorus and energy digestibility of practical feed ingredients by Senegalese sole (*Solea senegalensis*). *Aquaculture* 302: 94-99.
54. DOĞAN BORA N., GÜL A. (2004) Feeding biology of *Silurus glanis* (L., 1758) living in Hirfanli Dam Lake. *Turk J Vet Anim Sci*, 28: 471-479.
55. DUNHAM R. A., JOYCE J. A., BONDARI K. (1985) Evaluation of body conformation, composition and density as traits for indirect selection for dress-out percentage of channel catfish. *Progress Fish Cult.* 47:169-175.
56. EROLDOĞAN O.T., KUMLU M., AKTAŞ M. (2004) Optimum feeding rates for European sea bass *Dicentrarchus labrax* L. reared in seawater and freshwater. *Aquaculture*, 231: 501–515.
57. FAST A. W., QUIN T., SZYPER J. P. (1997) A new method for assessing fish feeding rhythms using demand feeders and automated data acquisition. *Aquacultural Engineering*, 16: 213-220.
58. FAO ECONOMIC AND SOCIAL DEVELOPEMENT D. (2009) The State of Food and Agriculture 2009. <http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e00.htm>, 2010. 05. 27.
59. FAO FISHERIES AND AQUACULTURE D. (2009) The State of World Fisheries and Aquaculture-2008. <http://www.fao.org/docrep/011/i0250e/i0250e00.htm>, 2010. 05. 27.
60. FAO FISHERIES AND AQUACULTURE D. (2012) The State of World Fisheries and Aquaculture-2012. *Rome*
61. FEKETE I. (1995) Halászat. *Nesztor Kiadó, Budapest*, 130-131.

62. FENG W. AND CHUN-ZHAO L. (2009) Development of an Economic Refining Strategy of Sweet Sorghum in the Inner Mongolia Region of China. *Energy és Fuel* 23(8): 4137–4142.
63. FENWICK G. R., SPINKS E. A., WILKINSON A. P., HENRY R. K., LEGOY M. A. (1986) Effect of processing on the antinutrient content of rapeseed. *J. Sci. Food Agricult.* 37:735-741.
64. FRANCIS G., MAKAR H. P. S., BECKER K. (2001) Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture* 199:197-227.
65. FREIRE J. P. B., GUERREIRO A. J. G., CUNHA L. F., AUMAITRE A. (2000) Effect of dietary fibre source on total tract digestibility, caecum volatile fatty acids and digestive transit time in the weaned piglet. *Animal Feed Science and Technology* 87: 71-83.
66. GIBERSON A.V., LITVAK K. (2003) Effect of feeding on growth, food conversion efficiency, and meal size of juvenile Atlantic sturgeon and shortnose sturgeon. *N. Am. J. Aquacult.*, 65: 99–105.
67. GILLAND B. (2002) World population and food supply. Can food production keep pace with population growth in the next half-century? *Food Policy* 27: 47-63.
68. GOUDIE C. A., SIMCO B. A., DAVIS K. B., LIU Q. (1995) Production of gynogenetic and polyploid catfish by pressure-induced chromosome-set aminpulation. *Aquaculture* 133:185-198.
69. GRAZZIOTIN A., PIMENTEL F.A., DE JONG E.V. AND BRANDELLI A. (2006) Nutritional Improvement of feather protein by treatment with microbial keratinase. *Anim. Feed Sci. Technol.* 126(1): 135-144.
70. GRIFFITHS D., VAN KHANH P., TRONG T. Q. (2010) Cultured Aquatic Species Information Programme. *Pangasius hypophthalmus*. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. [Cited 22 August 2013]. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Pangasius_hypophthalmus/en*
71. GROVE D. J., Loizides L. G., Nott J. (1978) Satiation amount, frequency of feeding and gastric emptying rate in *Salmo gairdneri*. *J. Fish Biol.* 12:507.
72. GYÖRE K. (1995) Magyarország Természetesvízi Halai. *Környezetgazdálkodási Intézet, Bp.*
73. GYURKÓ I. (1972) Édesvízi Halaink. *Ceres Kiadó, Bukarest*

74. HAFFRAY P., VAUCHEZ C., VANDEPUTTE M., LINHART O. (1998) Different growth and processing traits in males and females of European catfish (*Silurus glanis*). *Aquat. Living Resour.* 11:341-345.
75. HALL G. M. (Ed.) (2011) Fish Processing. Sustainability and New Opportunities. *Blackwell Publishing Ltd., Chichester, UK* 207-235.
76. HALLIER A., SEROT T., PROST C. (2007) Influence of rearing conditions and feed on the biochemical composition of fillets of the European catfish (*Silurus glanis*). *Food Chemistry*, 103: 808-815.
77. HANCZ Cs. (Szerk.) (2007) Haltenyésztés. *Digitális egyetemi jegyzet, Kaposvár*
78. HARKA Á. (1984) Studies on the growth of sheatfish (*Silurus glanis* L.) in River Tisza. *Aquacultura Hungarica*, IV: 135-144.
79. HARKA Á. (1986) A harcsa növekedése. *Halászat* 1986/2:44-46.
80. HARKA Á., SALLAI Z. (2004) Magyarország Halfaunája, *Nimfea Természetvédelmi Egyesület, Szarvas*
81. HASAN M. R., HAQ M. S., DAS P. M., MOWLAH G. (1997) Evaluation of poultry-feather meal as a dietary protein source for Indian major carp, *Labe rohita* fry. *Aquaculture* 151:47-54.
82. HAVASI M., FELFÖLDI Z., GORZÁS A., LÉVAI P., MERTH J., NÉMETH S. (2011) Harcsa (*Silurus glanis* L.) intenzív nevelése növényi fehérje alapú tápon. In: Kerepeczki É., Bozánne Békefi E., Gyalog G. és Lehoczky I. (szerk.): *Halászatfejlesztés 33 – Fisheries és Aquaculture Development* 33:147-155.
83. HAVASI M., OLÁH T., FELFÖLDI Z., NAGY Sz., BERCSÉNYI M. (2013) Passing times of two types of feeds in wels (*Silurus glanis*) at three different temperatures. *Aquaculture International* 21:861-867.
84. HE S., ZHOU Zh., LIU Y., SHI P., YAO B., RINGO E., YOON I. (2009) Effects of dietary *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product (DVAQUA®) on growth performance, intestinal autochthonous bacterial community and non-specific immunity of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* ♀ x *O. aureus* ♂) cultured in cages. *Aquaculture* 294: 99-107.
85. HERMAN O. (1887) A Magyar Halászat Könyve, K. M. *Természettudományi Társulat, Bp.*
86. HIDALGO M.C., UREA E., SANZ A. (1999) Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits: proteolytic and amylase activities. *Aquaculture* 170: 267–283.

87. HIGGS D.A., FAGERLUND U.H.M., MCBRIDE J.R., PLOTNIKOFF M.D., DOSANJH B.S., MARKERT J.R., DAVIDSON J. (1983) Protein quality of Altex canola meal for juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) considering dietary protein and 3,5,3'-triiodo-L-thyronine content. *Aquaculture* 34: 213-238.
88. HIGGS D. A., DOSANJH B. S., PRENDERGAST A. F., BEAMES R. M., HARDY R.W., RILEY W., DEACON G. (1995) Use of rapeseed/canola protein products in finfish diets. In: C.E. Lim and D.J. Sessa (Editors), *Nutrition and Utilization Technology in Aquaculture*. AOCS Press, Champaign, IL 130-156.
89. HOCHLEITHNER M. (2006) Welse. Biologie und Aquakultur. *AT Ratgeber, AquaTech Publications, Kitzbühel, Austria*
90. HOGENDOORN H. (1981) Controlled propagation of the African catfish, *Clarias lazera* (C. and V.). IV. Effect of feeding regime in fingerling culture. *Aquaculture*, 24: 123–131.
91. HORN P. (2009) Az európai élelmiszertermelés jövője. XXXIII. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2009. 07. 02.
92. HORVÁTH L. (Szerk.) (2000) Halbiológia és Haltenyésztés. *Mezőgazda Kiadó, Bp.*
93. HORVÁTH L., TAMÁS G. (2007) A zooplankton és a ragadozó halak tenyésztése. *Halászat* 2007/4: 169-172.
94. HUA M., WANG Y., WANG Q., ZHAO M., XIONG B., QIAN X., ZHAO Y., LUO Z. (2008) Replacement of fish meal by rendered animal protein ingredients with lysine and methionine supplementation to practical diets for gibel carp, *Carassius auratus gibelio*. *Aquaculture* 275:260-265.
95. HUNG L. T., TUAN N. A., CACOT P., LAZARD J. (2002) Larval rearing of the Asian catfish, *Pangasius bocourti* (Siluroidei, Pangasiidae): alternative feeds and weaning time. *Aquaculture* 212: 115-127.
96. JÁMBORNÉ DANKÓ K., BARDÓCZ T. (2012) Magyarország tógazdasági és intenzív üzemi haltermelése 2011-ben. *Halászat* 2012/2:3-6.
97. JOBLING M. (1983) Effect of feeding frequency on food intake and growth of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *J. Fish Biol.*, 23: 177–185.

98. JOHNSEN J. P. (2005) The evolution of the „harvest machinery” : why capture capacity has continued to expand in norwegian fisheries. *Marine Policy* 29: 481-493.
99. KAUSHIK S. (2013) Flesh quality of farmed fish fed diets with low levels of fishmeal and fish oil. *Diversification in Inland Finfish Aquaculture II, Vodňany, Czech Republic, 2013. 09. 24.*
100. KETOLA H. G. (1982) Amino acid nutrition of fishes: requirements and supplementation of diets. *Comp. Biochem. Physiol.* 73:17.
101. KIM M. K., LOVELL R. T. (1995) Effect of restricted feeding regimens on compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish *Ictalurus punctatus* in ponds. *Aquaculture*, 135: 285-293.
102. KISS I., HORVÁTH L. (1978) Kísérletek harcsa kistavi környezetben történő előnevelésére. *Halászat* 1978/6:167-171.
103. KOBAYAKAWA M. (1989) Systematic revision of the catfish genus *Silurus*, with description of a new species from Thailand and Burma. *Japanese Journal of Ichthyology* 36: 155-186.
104. KOZÁK B. (2009a) Ketreces pontytenyésztés Szigetszentmiklóson. *Halászat* 102/3:96-100.
105. KOZÁK B. (2009b) Medencés amurlárva- és harcsanevelés tapasztalatai baktériumos víztisztítási eljárás alkalmazásával. *Halászat* 102/2:60-61.
106. KRASZNAI Z., KOVÁCS GY., OLÁH J. (1980) Technological basis of the intensive sheatfish (*Silurus glanis* L.) culture. *Aquacultura Hungarica* II.: 147-153.
107. KRASZNAI Z., MÁRIÁN T. (1986) Shock-induced triploidy and its effect on growth and gonad development of the European catfish, *Silurus glanis* L. *J. Fish Biol.* 29(5):519-527.
108. KRASZNAI Z., MÁRIÁN T. (1994) Production of triploid European catfish (*Silurus glanis*) by cold shock. *Aquac. Hun.* 41: 25-32.
109. KROGDAHL A., BAKKE-MCKELLEN A. M., RØED K. H., BAEVERFJORD G. (2000) Feeding Atlantic salmon *Salmo salar* L. soybean products: effects on disease resistance (Furunculosis), and lysozyme and IgM levels in the intestinal mucosa. *Aquaculture Nutrition* 6:77-84.
110. LEUPP J. L., CATON J. S., SOTO-NAVARRO S. A. AND LARDY G. P. (2005) Effects of cooked molasses blocks and fermentation extract or brown seaweed meal

- inclusion on intake, digestion, and microbial efficiency in steers fed low-quality hay. *J. Anim. Sci.* 83:2938-2945.
- 111.LINHART O., FLAJSHANS M. (1995) Triploidization of European catfish, *Silurus glanis* L., by heat shock. *Aquac. Res.* 26:367-370.
 - 112.LINHART O., ŠTĚCH L., ŠVARC J., RODINA M., AUDEBERT J. P., GRECU J., BILLARD R. (2002) The culture of the European catfish, *Silurus glanis*, in the Czech Republic and in France. *Aquat. Living. Resour.* 15:139-144.
 - 113.LINHART O., RODINA M., GELA D., FLAJSHANS M., KOCOUR M. (2003) Enzyme treatment for elimination egg stickiness in tench (*Tinca tinca* L.), European catfish (*Silurus glanis* L.) and common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Fish Physiology and Biochemistry* 28: 507-508.
 - 114.LINHART O., GELA D., RODINA M., KOCOUR M. (2004) Optimization of artificial propagation in European catfish, *Silurus glanis* L. *Aquaculture* 235: 619-632.
 - 115.LINNÉR J., BRÄNNÄS E. (2001) Growth in Arctic charr and rainbow trout fed temporally concentrated or spaced daily meals. *Aquacult. Int.*, 9: 35–44.
 - 116.LITKEI J. (1990) Kísérletek a lesőharcsa (*Silurus glanis* L.) kannibalizmusának visszaszorítására, medencés utónevelés esetén. *Halászat* 36:1-6.
 - 117.LIU F.G., LIAO C.I. (1999) Effect of feeding regimes on the food consumption, growth and body composition in hybrid striped bass *Morone saxatilis* × *M. chrysops*. *Fish Sci.*, 64: 513–519.
 - 118.LIU C., MAI K., ZHANG W., CHEN Q., LENG Y. (2013) Studies on the nutrition of two species of catfish, *Silurus meridionalis* Chen and *S. asotus* Linnaeus. I. Effects of dietary protein and lipid on growth performance and feed utilization. *Aquaculture* 404-405: 71-76.
 - 119.LOVASSY S. (1927) Magyarország Gerinces Állatai és Gazdasági Vonatkozásai, *Királyi Magyar Természettudományi Társulat, Budapest*
 - 120.MALJUKINA G. A. MARTEMJANOV V. I. (1981) An electrocardiographic study of chemical sensitivity in some freshwater fishes. *Journal of Ichthyology* 21: 77-84.
 - 121.MANAUG R. E. P., KOSHIO S., ISHIKAWA M., YOKOYAMA S., GAO J., NGUYEN B. T. (2011) Soy peptide inclusion levels influence the growth performance, proteolytic enzyme activities, blood biochemical parameters and body composition of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture* 321:252-258.

122. MEENA D. K., DAS P., KUMAR S., MANDAL S. C., PRUSTY A. K., SINGH S. K., AKHTAR M. S., BEHERA B. K., KUMAR K., PAL A. K., MUKHERJEE S. C. (2012) Beta-glucan: an ideal immunostimulant in aquaculture (a review). *Fish Physiology and Biochemistry* (*in press*)
123. MÉZES M. (2013) Az állati eredetű fehérjék alternatívái a haltakarmányozásban. *Halászat* 106/2: 17-28.
124. MIEGEL R. P., PAIN S. J., VAN WETTERE W. H. E. J., HOWARTH G. S., STONE D. A. J. (2010) Effect of water temperature on gut transit time, digestive enzyme activity and nutrient digestibility in yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). *Aquaculture* 308: 145-151.
125. MIHÁLIK J., HOLCIK J. (1968) Fresh-water fishes. *Spring Books, London*
126. MILLAMENA O. M. (2002) Replacement of fish meal by animal by-product meals in a practical diet for grow-out culture of grouper *Epinephelus coioides*. *Aquaculture* 204:75-84.
127. MILLIKIN M. R. (1983) Interactive effects of dietary protein and lipid on growth and protein utilization of age-0 striped bass. *Trans. Am. Fish. Soc.* 112:185.
128. MIWA T., YOSHIZAKI G., NAKA H., NAKATANI M., SAKAI K., KOBAYASHI M., TAKEUCHI T. (2001) Ovarian steroid synthesis during oocyte maturation and ovulation in Japanese catfish (*Silurus asotus*). *Aquaculture* 198:179-191.
129. MOLNÁR GY., TÖLG I. (1961) Adatok a fogassüllő (*Lucioperca lucioperca* L.) gyomoremésztés időtartamának hőmérséklet okozta változásáról. *Annales Instituti Biologici (Tihany) Hungaricae Academiae Scientiarum* 1961: 109-115.
130. MOLNÁR GY., TÖLG I. (1962) Experimente mit Welse (*Silurus glanis* L.) zur Feststellung des Zusammenhanges der Temperatur und der Zeitdauer der Magenverdauung. *Annales Instituti Biologici (Tihany) Hungaricae Academiae Scientiarum* 1962: 107-115.
131. MOLNÁR GY., TÖLG I. (1963) Kísérletek néhány édesvízi ragadozó hal mechanikai gyomorműködésének megismerésére. *Állattani Közlemények* 1963/1-4:99-102.
132. MÜLLER F. (1990) Economical analysis of some superintensive technologies for fish production in Szarvas. *Aquacultura Hungarica*, VI: 235-246.
133. MÜLLER F., MÜLLER T. (1993) Harcsa (*Silurus glanis* L.) termelése családi farmgazdaságokban. *Halászat* 1993/3: 110-113.
134. NAß H. H. (2013) Fishmarkt Nürnberg. *Fisher und Teichwirt* 2013/07: 274.

135. NAYLOR R. L., GOLDBERG R. J., PRIMAVERA J. H., KAUTSKY N., BEVERIDGE M. C. M., CLAY J., FOLK C., LUBCHENKO J., MOONEY H., TROELL M. (2000) Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405: 1017–1024.
136. NIJKAMP H. J., VAN ES A. J. H., HUISMAN, A. E. (1974) Retention of nitrogen, fat, ash, carbon and energy in growing chickens and carp. *Eur. Assoc. Animal Prod.* 14:277.
137. NOGALES MÉRIDA S., TOMÁS-VIDAL A., MARTÍNEZ-LLORENS S., JOVER CERDÁ M. (2010) Sunflower meal as a partial substitute in juvenile sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*) diets: Amino acid retention, gut and liver histology. *Aquaculture* 298:275-281.
138. ODUM H. T. (1988) Self-Organization, Transformity and Information. *Science* 242:1132-1139.
139. OGINO C. (1980) Protein requirements of carp and rainbow trout. *Bull. Jpn Soc. Sci. Fish.* 46, 385.
140. OLÁH J., PEKÁR F., VÁRADI L. (2009) Extenzív halastavi gazdálkodás és ökoturisztikai fejlesztés. Biharugrai-halastavak esettanulmány, MME, Biharugra-Budapest
141. OLÁHNÉ TÓTH E. és mtsai. (1981) Hőmérséklet hatása a ponty és a harcsa növekedésére, takarmányhasznosítására, túlélésére szubletális ammónia koncentráció mellett. *Halászat* 24/6: 186-187.
142. OMAR S. S. (2011) The potential of distillers dried grains and solubles (DDGS) for inclusion in aquafeeds. *International Aquafeed*, May-June, 16-18.
143. OZÓRIO R. O. A., PORTZ L., BORGHESI R., CYRINO J. E. P. (2012) Effects of dietary yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation in practical diets of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animals* 2: 16-24.
144. NIKOLSKI G. W. (1957) Spezielle Fischkunde. *Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin*, 632.
145. PANSERAT S., HORTOPAN G. A., PLAGNES-JUAN E., KOLDITZ C., LANSARD M., SKIBA-CASSY S., ESQUERRÉ D., GEURDEN I., MÉDALE F., KAUSHIK S., CORAZZE G. (2009) Differential gene expression after total replacement of fish meal and fish oil by plant products in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) liver. *Aquaculture* 294: 123-131.
146. PERES H., OLIVA-TELES A. (2009) The optimum dietary essential amino acid profile for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture* 296:81-86.

147. PÉTERI A., RUTTKAI A., HORVÁTH L. (1983) Anyaharcsák felnevelése polikultúrában. *Halászat* 1983/4: 100-102.
148. PHAN L. T., BUI T. M., NGUYEN T. T. T., GOOLEY G. J., INGRAM B. A., NGUYEN H. V., NGUYEN PH. T., DE SILVA S. S. (2009) Current status of farming practices of striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* in the Mekong Delta, Vietnam. *Aquaculture* 296:227-236.
149. PHILLIPS T. A., SUMMERFELT R. C., CLAYTON R. D. (1998) Feeding frequency effects on water quality and growth of walleye fingerlings in intensive culture. *The Progressive Fish-Culturist*, 60:1, 1-8.
150. PILLAY T. V. R., KUTTY M. N. (2005) *Aquaculture Principles and Practices*, Blackwell Publishing Ltd., Oxford
151. PIMENTEL D., PIMENTEL M. (2006) Global environmental resources versus world population growth. *Ecological Economics* 59: 195-198.
152. PINTÉR K. (1976) A harcsa (*Silurus glanis* L.). *Halászat*, 22/4 (melléklet)
153. PINTÉR K. (2002) Magyarország Halai, *Akadémiai Kiadó, Bp.* 142-147.
154. PINTÉR K., PÓCSI L. (2002) Gazdasági Állataink – Fajtatan – Hal. *Mezőgazda Kiadó, Bp.*
155. PINTÉR K. (2010) Magyarország halászata 2009-ben. *Halászat* 2010/2.: 43-49.
156. PIROZZI I., BOOTH M. A., ALLAN G. L. (2010) A factorial approach to deriving dietary specifications and daily feed intake for mullet, *Argyrosomus japonicus*, based on the requirements for digestible protein and energy. *Aquaculture* 302:235-242.
157. PLAKAS S. M., KATAYAMA T., TANAKA Y., DESHIMARU O. (1980) Changes in the levels of circulating plasma free amino acids of carp (*Cyprinus carpio*) after feeding a protein and amino acid diet of similar composition. *Aquaculture* 21:307.
158. POUOMOGNE V. (2010) Cultured Aquatic Species Information Programme. *Clarias gariepinus*. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]*. Rome. [Cited 27 August 2013].
http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Clarias_gariepinus/en
159. PROTEAU J. P., THOLLOT T. (1988) Élevage intensif du silure glane en eau chade: premiers résultats de croissance obtenus sur pilote expérimentale. *Aqua-Revue* 21: 23-26.

160. RAAT A. J. P. (1990) Production, consumption and prey availability of Northern pike (*Esox lucius*), pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) and European catfish (*Silurus glanis*): a bioenergetics approach. *Hydrobiologia* 200/201: 497-509.
161. RADICS F. (1990) Az afrikai harcsa szaporításának és nevelésének hazai tapasztalatai. *Halászat* 1990/4:125-128.
162. REID R.S., BEDELIAN C., SAID M.Y., KRUSKA R.L., MAURICIO R.M., VINCENT CASTEL V., OLSON J. ÉS THORNTON P.K. (2009) Global livestock impacts on biodiversity. In: H. Steinfeld, H. Mooney, F. Schneider és L. Neville, eds. *Livestock in a changing landscape, Vol. 1: Drivers, consequences, and responses*. Washington, DC, Island Press.
163. REIGH R. C., WILLIAMS M. B., JACOB B. J. (2006) Influence of repetitive periods of fasting and satiation feeding on growth and production characteristics of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, 254: 506-516.
164. RICHE M., HALEY D.I., OETKER M., GARBRECHT S., GARLING D.L. (2004) Effect of feeding frequency on gastric evacuation and the return of appetite in tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture* 234: 657–673.
165. RISTIC M. D. (1972) Som (*Silurus glanis* L.) biologija, rasprostranjenje i mogucnosti njegovog uzgoja u ribnjacima Jugoslavie. *Rib. Jugosl.* 6:129-139.
166. RISTIC M. D. (1977) Freshwater Fishes and Fishing. *Nolit, Beograd*
167. ROBINSON E. H., LI M. H. (1999) Catfish Protein Nutrition. *Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station, Bulletin* 1-13.
168. ROBINSON E. H., LI M. H., MANNING B. B. (2001) A Practical Guide to Nutrition, Feeds, and Feeding of Catfish. *Mississippi State University, Division of Agriculture, Forestry and Veterinary Medicine, Bulletin* 1113
169. ROBINSON E. H., LI M. H., HOGUE C.D. (2006) Catfish Nutrition: Feeds. *Mississippi State University, Extension Service, Publication* 2413
170. ROBINSON E. H., LI M. H. (2007) Catfish Protein Nutrition: Revised. *Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station, Bulletin* 1159, 1-13.
171. RÓNYAI A., RUTTKAY A. (1990) Growth and food utilization of wels fry (*Silurus glanis* L.) fed with tubifex worms. *Aquacultura Hungarica*, VI: 193-202.
172. RUOHONEN K., GROVE D.J. (1996) Gastrointestinal responses of rainbow trout to dry pellet and low-fat herring diets. *J. Fish Biol.*, 49: 501–513.
173. SÁNCHEZ-LOZANO N. B., MARTÍNEZ-LLORENS S., TOMÁS-VIDAL A., CERDÁ M. J. (2009) Effect of high-level fishmeal replacement by pea and rice concentrate

- protein on growth, nutrient utilization and fillet quality in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture* 298:83-89.
- 174.SANTIAGO C. B., BANES-ALDABA M., LARON M. A. (1982) Dietary crude protein requirement of *Tilapia nilotica* fry. *Philipp. J. Biol.* 11:255.
 - 175.SEDLÁR J., GECZŐ V. (1973) Beitrag zur Kenntnis des alters und wachstums des Welses {*Silurus glanis* Linnaeus, 1758 (*Osteichthyes: Siluridae*)} aus einigen Gewässern der Südslowakei. In: *Vestník Československé spol. zool.* 37: 195-211.
 - 176.SHIRAI N., SUZUKI H., TOKAIRIN S., EHARA H., WADA S. (2002) Dietary and seasonal effects on the dorsal meat lipid composition of Japanese (*Silurus asotus*) and Thai catfish (*Clarias macrocephalus*) and hybrid *Clarias macrocephalus* and *Clarias galipinus*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 132:609-619.
 - 177.SILVA C. R., GOMES L. C., BRANDÃO F. R. (2007) Effect of feeding rate and frequency on tambaqui (*Colossoma macropomum*) growth, production and feeding costs during the first growth phase in cages. *Aquaculture* 264: 135-139.
 - 178.SILVA J. M. G., ESPE M., CONCEICAO L. E. C., DIAS J., VALENTE L. M. P. (2009) Senegalese sole juveniles (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) grow equally well on diets devoid of fish meal provided the dietary amino acids are balanced. *Aquaculture* 296:309-317.
 - 179.SINK T. D., LOCHMANN R. T., KINSEY N. R. (2010) Growth and Survival of Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*, Fry Fed Diets with 36 or 45% Total Protein and All Plant or Animal Protein Sources. *Journal of The World Aquaculture Society* 41: 124-129.
 - 180.SINK T. D., LOCHMANN R. T., POHLENZ C., BUENTELLO A., GATLIN III. D. (2010) Effects of dietary protein source and protein-lipid source interaction on channel catfish (*Ictalurus punctatus*) egg biochemical composition, egg production and quality, and fry hatching percentage and performance. *Aquaculture* 298:251-259.
 - 181.SMITH R. R., RUMSEY G. L., SCOTT M. L. (1978) Heat increment associated with dietary protein, fat, carbohydrate, and complete diets in salmonids: Comparative energetic efficiency. *J. Nutr.* 108:1025.
 - 182.SLEMBROUCK J., BARAS E., JUBAGJA J., HUNG L. T., LEGENDRE M. (2009) Survival, growth and food conversion of cultured larvae of *Pangasianodon hypophthalmus*, depending on feeding level, prey density and fish density. *Aquaculture* 294: 52-59.

- 183.SLINGER S. J., CHO C. Y., HOLUB B. J. (1977) Effect of water temperature on protein and fat requirements of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Proceedings 12th Annual Nutrition Conference for Feed Manufacturers, Guelph, Ontario*, 1-5.
- 184.SPECZIÁR, A. (2002) In situ estimates of gut evacuation and its dependence on temperature in five cyprinids. *J.FishBiol.* 60:1222–1236.
- 185.STICKNEY R. R. (2010) Cultured Aquatic Species Information Programme, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque, 1818). In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome [Cited 22 August 2013]*
http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Ictalurus_punctatus/en
- 186.SZABÓ G., MÜLLER T., MOLNÁR T., SUDÁR G., ZAKES Z., HANCZ CS. (2009) Különböző takarmányadagok hatása a kösüllő (*Sander volgensis* Gmelin 1788) növekedésére és testösszetételére intenzív nevelés mellett. *Acta Agraria Kaposváriensis* 13/1: 37-46.
- 187.SYVÄRANTA J., CUCHEROUSSET J., KOPP D., MARTINO A., CÉRÉGHINO R., SANTOUL F. (2009) Contribution of anadromous fish to the diet of European catfish in a large river system. *Naturwissenschaften* 96:631–635.
- 188.TACON A. G. J., HASAN M. R., SUBASINGHE R. P. (2006) Use of fishery resources as feed inputs to aquaculture development: Trends and policy implications. *FAO Fisheries Circular No. 1018, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome*.
- 189.TACON A. G. J., METIAN M. (2008) Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture* 285:146-158.
- 190.TALPEȘ M., PATRICHE N., TENCIU M., ARSENE F. (2009) Perspectives regarding the developement of intensive rearing technology for *Silurus glanis* species in Romania. *Zootehnie și Biotehnologii* 42: 130-135.
- 191.TASNÁDI R. (2005) Haltakarmányozás a gyakorlatban. *Agroinform Kiadó, Bp.*,14.
- 192.TEMMING A.,HERRMANN J.-P. (2001) Gastric evacuation in horse mackerel. I.The effects of meal size,temperature and predator weight. *J.FishBiol.* 58:1230–1245.
- 193.TEUGELS G. G. (1996) Taxonomy, phylogeny and biogeography of catfishes (Ostariophysi, Siluroidei): an overview. *Aquat. Living Resour.* 9: 9-34.

194. TRIANTAFYLIDIS A., OZOUF – COSTAZ C., RAB P., SUCIU R., KARAKOUSIS Y. (1999) Allozyme variation in european silurid catfishes, *Silurus glanis* and *Silurus aristotelis*. *Biochemical Systematics and Ecology* 27: 487-498.
195. TRIANTAFYLIDIS A., KRIEG F., COTTIN C., ABATZOPOULOS T. J., TRIANTAPHYLIDIS C., GUYOMARD R. (2002) Genetic structure and phylogeography of European catfish (*Silurus glanis*) populations. *Molecular Ecology* 11: 1039-1055.
196. TOKO I. I., FIOGBE E. D., KESTEMONT P. (2008) Mineral status of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets containing graded levels of soybean or cottonseed meals. *Aquaculture* 275:298-305.
197. TYTLER P., CALOW P. (Eds.) (1985) Fish Energetics. New Perspectives. *Croom Helm Ltd. Beckenham*, 155-179.
198. UENO R., HAMADA-SATO N. AND URANO N. (2003) Fermentation of Molasses by Several Yeasts from Hot Spring Drain and Phylogeny of the Unique Isolate Producing Ethanol at 55 C. *J. Tokyo Univ. Fisheries* 90: 23-30.
199. ULIKOWSKI D., SZCZEPKOWSKI M., SZCZEPKOWSKA B. (2003) Preliminary studies of intensive wels catfish (*Silurus glanis* L.) and sturgeon (*Acipenser* sp.) pond cultivation. *Archives of Polish Fisheries* 11:295-300.
200. VÁRADI L. (2009) Az európai akvakultúra jelenlegi helyzete és fejlődési trendjei. *SustainAqua Termelői Fórum, Szarvas, 2009. 06.25.*
201. VÁRADI L., PHOUNG N. T. (2009) Harcsatermelés Vietnámban: az ázsiai akvakultúra egyik sikertörténete. *Halászat* 102/1: 29-36.
202. VÁRKONYI E., BERCSÉNYI M., OZOUF-COSTAS, BILLARD R. (1998) Chromosomal and morphological abnormalities caused by oocyte aging in *Silurus glanis*. *J. of Fish Biology* 52: 899-906
203. VÁSÁRHELYI I. (1968) A harcsa. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*
204. WALTON M. J., COWEY C. B., ADRON J. W. (1982) Methionine metabolism in rainbow trout fed diets of differing methionine and cystine contents. *J. Nutr.* 112: 1525.
205. WANG Y., LI K., HAN H., ZHENG Z., BUREAU D. P. (2008) Potential of using a blend of rendered animal protein ingredients to replace fish meal in practical diets for malabar grouper (*Epinephelus malabaricus*). *Aquaculture* 281:113-117.

206. WANG N., XU X., KESTEMONT P. (2009) Effect of temperature and feeding frequency on growth performances, feed efficiency and body composition of pikeperch juvenils (*Sander lucioperca*). *Aquaculture*, 289: 70-73.
207. WEBSTER C. D., TIU L. G., TIDWELL J. H., GRIZZLE J. M. (1997) Growth and body composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed diets containing various percentages of canola meal. *Aquaculture* 150: 103-112.
208. WEE K. L., TACON A. G. J. (1982) A preliminary study on the dietary protein requirement on juvenile snakehead. *Bull. Jpn Soc. Sci. Fish.* 48:1463.
209. YAMADA S., TANAKA Y., KATAYAMA T., SAMESHIMA M., SIMPSON K. L. (1982) Plasma amino acid changes in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) force-fed casein and a corresponding amino acid mixture. *Bull. Jpn Soc. Sci. Fish.* 47:1035.
210. YAMAMOTO M., SALEH F., OHTSUKA A. AND HAYASHI K. (2005) New fermentation technique to process fish waste. *Animal Science Journal* 76(3): 245–248.
211. YAMASAKI T., AKI T., SHINOZAKI M., TAGUCHI M., KAWAMOTO S. AND ONO K. (2006) Utilization of Shochu Distillery Wastewater for Production of Polyunsaturated Fatty Acids and Xanthophylls Using Thraustochytrid. *J. Biosci. Bioengin* 102(4): 323-327.
212. ZAKĘŚ Z., KOWALSKA A., CZERNIAK S., DEMSKA- ZAKĘŚ K. (2006) Effect of feeding frequency on growth and size variation in juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). *Czech. J. Anim. Sci.* 51: 85-91
213. ZAIKOV A., ILIEV I., HUBENOVA T. (2008a) Investigation on growth rate and food conversion ratio of wels (*Silurus glanis* L.) in controlled conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 14: 171-175.
214. ZAIKOV A., HUBENOVA T., ILIEV I. (2008b) Prey selectivity in one-summer-old wels (*Silurus glanis* L.) fed with carp (*Cyprinus carpio*) and topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*). *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 14: 238-243.
215. www.balatonihal.hu
216. <http://www.fao.org/fishery>
217. <http://fishbase.org>
218. <http://www.indexmundi.com>
219. www.planetcatfish.com
220. www.wallerzucht.de
221. EU-AQUAMAX PROJEKT, www.aquamaxip.eu

222.133/ 2013. (XII.29.) VM rendelet

223.999/2001/EK rendelet

224.65/2012 VM rendelet

225.56/2013/EU rendelet

FÜGGELÉK

Fényképek



A kísérleti halak egyike mérlegelés előtt.



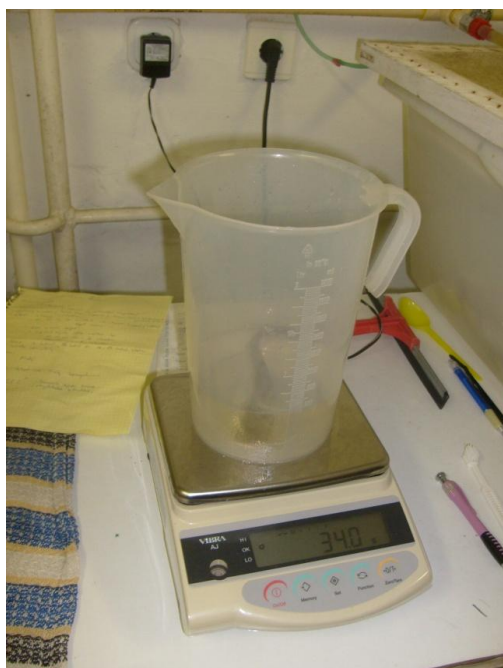
Harcsák az akváriumban



Adalékanyagokkal kiegészített, növényi fehérje alapú takarmányok



A hal hosszmérése saját készítésű halmérő táblán



A mérlegelés vízben, digitális táramérlegen



A kísérletekhez használt akváriumos, recirkulációs rendszer



Kísérleti recirkulációs rendszer



A halak egyedi jelölésére és leolvasására szolgáló AEG ARE-H5 készülécsomag és a hozzá tartozó mikrochipek (PIT)

Publikációs lista

tudományos előadások az értekezés témakörében

1. HAVASI M., FELFÖLDI Z., SZÜCS R., MERTH J., NÉMETH S. (2010) Harcsa (*Silurus glanis* L.) intenzív nevelése tápon, halkiegészítéssel, XVI. *Iffúsági Tudományos Fórum*, Keszthely, 2010. 03. 25.
2. HAVASI M., FELFÖLDI Z., GORZÁS A., LÉVAI P., MERTH J., NÉMETH S. (2010) Harcsa (*Silurus glanis* L.) intenzív nevelése növényi fehérje alapú tápon, XXXIV. *Halászati Tudományos Tanácskozás*, Szarvas, 2010. 05. 13.
3. HAVASI M., FELFÖLDI Z., GORZÁS A., LÉVAI P., MERTH J. (2010) Növényi alapú táp alkalmazása egy ragadozó hal, a lesőharcsa (*Silurus glanis*) nevelésében. LII. *Georgikon Napok*, Keszthely, 2010. 09. 31.-2010. 10.01.
4. HAVASI M., GORZÁS A., LÉVAI P., MERTH J., BERCSÉNYI M. (2010) Intensive rearing of wels (*Silurus glanis*) fed with plant protein based feed. *Acvapedia 2010*, Kolozsvár, Románia, 2010. 12.03-04.
5. HAVASI M., OLÁH T., FELFÖLDI Z., BERCSÉNYI M. (2011) Passing times of two types of feeds in wels (*Silurus glanis*) at three different temperatures. *Diversification in Inland Finfish Aquaculture*, Písek, Cseh Köztársaság, 2011. 05. 16.-18.
6. HAVASI M., OLÁH T., FELFÖLDI Z., BERCSÉNYI M. (2011) Két különböző takarmány kiürülési sebessége három hőmérsékleten lesőharcsánál (*Silurus glanis*). XXXV. *Halászati Tudományos Tanácskozás*, Szarvas, 2011. május 25-26.
7. HAVASI M., OLÁH T., FELFÖLDI Z., BERCSÉNYI M. (2011) A bértartalom kiürülési sebessége a hőmérséklet függvényében, lesőharcsán. *Doktoranduszok Kaposvári Workshopja*, Kaposvár, 2011. 06.08.
8. HAVASI M. (2011) Lesőharcsa (*Silurus glanis*). *Ragadozóhal nevelési ismeretek gyakorlati bemutatása*, Keszthely, 2011. 06.10.
9. HAVASI M., NÉMETH S., LÉVAI P. (2011) Különböző adalékok alkalmazása lesőharcsa növényi tápon való nevelése során. LIII. *Georgikon Napok*, Keszthely, 2011. 09. 29.-30.
10. BELICZKY G., HAVASI M., NÉMETH S., BERCSÉNYI M., GÁL D. (2012) Környezeti terhelés harcsa (*Silurus glanis*) eltérő fehérje tartalmú tápokon történő

takarmányozása során. *LIV. Georgikon Napok*, 2012.október 11-12, Keszthely, Abstract kötet, 36.

11. HAVASI M., BALIKÓ T., NÉMETH S., FELFÖLDI Z., BERCSÉNYI M. (2012) Kísérletek a harcsa (*Silurus glanis*) optimális napi takarmányadagjának meghatározására. *XXXVI. Halászati Tudományos Tanácskozás*, Szarvas, 2012. május 23-24.
12. HAVASI M., BALIKÓ T., NÉMETH S., FELFÖLDI Z., BERCSÉNYI M. (2012) Kísérletek a harcsa (*Silurus glanis*) optimális napi takarmányadagjának meghatározására. *Takarmányozást Oktatók és Kutatók Találkozója*, Keszthely, 2012. 08. 27.
13. HAVASI M., NÉMETH S., FELFÖLDI Z., LÉVAI P., OLÁH T., BERCSÉNYI M. (2012) Studies on the intensive feeding of *Silurus glanis*: Substitution of fish meal with plant proteins, passing time of different feeds and daily feeding rate. *AQUA 2012*, Prága, Cseh Köztársaság, 2012.09.05.
14. HAVASI M., BALIKÓ T., NÉMETH S., FELFÖLDI Z., BERCSÉNYI M. (2012) Kísérletek a harcsa (*Silurus glanis*) optimális napi takarmányadagjának meghatározására. *LIV. Georgikon Napok*, Keszthely, 2012. 10. 11.
15. BELICZKY G., HAVASI M., NÉMETH S., BERCSÉNYI M., GÁL D. (2013) Environmental load of wels (*Silurus glanis*) fed by feeds of different protein levels. *Acvapedia 2012*, Szarvas, 2012. 11. 27.
16. HAVASI M. (2013) Harcsanevelés: ismeretek, lehetőségek, kérdések. *III. Gödöllői Halászati-Horgászati Szakember Találkozó*, 2013. 01. 24.
17. HAVASI M., BELICZKY G., NÉMETH S., BERCSÉNYI M., NAGY SZ. (2013) Különböző etetési gyakoriság hatásának vizsgálata lesőharcsán, recirkulációs rendszerben. *XXXVII. Halászati Tudományos Tanácskozás*, Szarvas, 2013. május 22.-23.
18. HAVASI M., BELICZKY G., PÁL L., BERCSÉNYI M., NAGY SZ. (2013) A halliszt kiválthatósága húsliszttel, illetve növényi fehérjével lesőharcsa (*Silurus glanis*) takarmányában. *II. ATK Tudományos Nap*, Martonvásár, 2013. 11. 08., poszter szekció
19. BERCSÉNYI M., HAVASI M., BELICZKY G., GÁL D., BALIKÓ T., SZÉKELY CS., MERTH J., PÁL L. (2013) Kísérletek a lesőharcsa (*Silurus glanis*) intenzív

tömegtermelésének megalapozására I-II (N-formák megjelenése, etetési gyakoriság hatásai). *II. ATK Tudományos Nap*, Martonvásár, 2013. 11. 08.

tudományos közlemények az értekezés témakörében

1. HAVASI M., FELFÖLDI Z., SZÜCS R., MERTH J., NÉMETH S. (2010) Harcsa (*Silurus glanis* L.) intenzív nevelése tápon, halkiegészítéssel. *XVI. Ifjúsági Tudományos Fórum, digitális konferencia-kiadvány*, ISBN 978-963-9639-36-2
2. HAVASI M., FELFÖLDI Z., GORZÁS A., LÉVAI P., MERTH J. (2010) Növényi alapú táp alkalmazása egy ragadozó hal, a lesőharcsa (*Silurus glanis*) nevelésében. *LII. Georgikon Napok, elektronikus konferencia kiadvány*, ISBN 978-963-9639-39-3
3. HAVASI M., GORZÁS A., LÉVAI P., MERTH J., BERCSÉNYI M. (2010) Intensive rearing of wels (*Silurus glanis*) fed with plant protein based feed. *AACL Bioflux*, 3 (5), 347-353.
4. HAVASI M., Oláh T., Felföldi Z., Bercsényi M. (2011) Táplálékhal és száraz táp áthaladási idejének vizsgálata lesőharcsa (*Silurus glanis* L.) béltraktusában. *Halászat*, 2011/1, 29-32.
5. HAVASI M., NÉMETH S., LÉVAI P. (2011) Különböző adalékok alkalmazása lesőharcsa növényi tápon való nevelése során. *LIII. Georgikon Napok, elektronikus konferencia kiadvány*, ISBN 978-963-9639-44-7, pp. 355-362.
6. BELICZKY G., HAVASI M., NÉMETH S., NAGY G., BERCSÉNYI M., GÁL D. (2012) Környezeti terhelés harcsa (*Silurus glanis*) eltérő fehérje tartalmú tápokon történő takarmányozása során. *Halászat*, Vol. 105/4. pp.25-28.
7. HAVASI M., FELFÖLDI Z., GORZÁS A., LÉVAI P., MERTH J., BERCSÉNYI M. (2012) Intensive rearing of wels (*Silurus glanis* L.) using plant protein based feed. *Georgikon for Agriculture*, 15/1, 19-31.
8. HAVASI M., OLÁH T., FELFÖLDI Z., NAGY SZ., BERCSÉNYI M. (2012) Passing times of two types of feeds in wels (*Silurus glanis*) at three different temperatures. *Aquaculture International*, 15 (5), DOI: 10.1007/s10499-012-9564-y, **IF= 0,912**

9. BELICZKY G., HAVASI M., NÉMETH S., BERCSÉNYI M., GÁL D. (2013) Environmental load of wels (*Silurus glanis*) fed by feeds of different protein levels. *AACL Bioflux* 6(1):12-17.

egyéb tudományos közlemények

1. TÁTRAI I., JÓZSA V., GYÖRGY Á.I., HAVASI M., SZABÓ I. (2006) A busa biológiai szerepének és hatásának vizsgálata a Balatonban. In: Mahunka S., Banczerowski J. (szerk.) *A Balaton kutatásának 2005. évi eredményei Magyar Tudományos Akadémia, Budapest*, 73-83.
 2. TÁTRAI I., KORPONAI J., MÁTYÁS K., POMOGYI P., HAVASI M., KUCSERKA T. (2006) Importance of the Crustacean plankton in the regulation of phytoplankton biomass in a shallow wetland lake with abundant submerged vegetation, as a part of the water quality reservoir. *The 5th Internat. Conf. on Resl. Limnol. And Water Quality, Brno. Book of Abstracts*, 238-242.
 3. HAVASI M., TÁTRAI I., KORPONAI J., KUCSERKA T. (2007) A domináns Cladocera plankton méret- és termékenységváltozása a Kis-Balaton tározó I. ütemén. *Hidrol. Közl.* 87/6., 64-66.
 4. KUCSERKA T., TÁTRAI I., HAVASI M. (2007) Halállományok hatása a makrozoobentosz populáció dinamikájára a Kis-Balaton tározó I-es ütemén. *Hidrol. Közl.* 87/6., 93-96.
 5. GYÖRGY Á.I., HAVASI M., BOROS G. (2008) A halállomány összetételének változása 2005-2007 során a Kis-Balaton tározó Major-taván. *Hidrológiai Közöny*, 88/6., 64-65.
 6. HAVASI M., TÁTRAI I., KORPONAI J., KUCSERKA T. (2008) A *Bosmina longirostris* méret- és termékenységváltozása a Major-tóban. *Hidrol. Közl.* 88/6., 76-96.
 7. HAVASI M. (2009) A *Bosmina longirostris* dinamikája és táplálékhálózatban betöltött szerepe a Major-tóban. *Hidrológiai Tájékoztató*, 2009: 24-25.
 8. TÁTRAI I., BOROS G., GYÖRGY Á. I., MÁTYÁS K., KORPONAI J., POMOGYI P., HAVASI M., KUCSERKA T. (2009) Abrupt shift from clear to turbid state in a shallow, eutrophic, biomanipulated lake. *Hydrobiologia*, 620/1.,149-161.
- IF=1.754**

9. TÁTRAI I., MÁTYÁS K., KORPONAI J., POMOGYI P., GYÖRGY Á. I., HAVASI M., KUCSERKA T. (2009) Changes in water clarity during fish-manipulation and post-manipulation periods in a shallow eutrophic lake. *Fundamental and Applied Limnology*, 174: 135-145. **IF= 0.989**
10. FELFÖLDI Z., ARDÓ L., HAVASI M., NÉMETH S. (2011) Immunstimulátorok vizsgálata csapó sügéren (*Perca fluviatilis*). *XVII. Ifjúsági Tudományos Fórum, digitális konferencia-kiadvány*, ISBN 978-963-9639-36-2
11. ÜVEGES V., ANDIRKÓ V., ÁCS A., BÍRÓ R., DRÁVECH E., HAJNAL E., HAVASI M., HUBAI K. E., KACSALA I., KOVÁCS K., KOVÁTS N., KUCSERKA T., LENGYEL E., MATULKA A. SELMECHY G. B., STENGER-KOVÁCS Cs., SZABÓ B., TEKE G., VASS M., PADISÁK J. (2011) A vörösiszap katasztrófa hatása a Torna-patak és a Marcal élővilágára, a regeneráció első időszaka. *Economica*, 12: 95-139.

Összesített impakt faktor: IF=3.655

jegyzetek, dolgozatok

1. HAVASI M. (2008) A *Bosmina longirostris* dinamikája és táplálékhálózatban betöltött szerepe a Major-tóban., *Diplomadolgozat, Pannon Egyetem, Mérnöki Kar*
2. HAVASI M. (2010) Harcsa (*Silurus glanis* L.) intenzív nevelése tápon, halkiegészítéssel. *Diplomadolgozat, Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar*
3. HAVASI M. (2010) A halak szaporodása a természetben. In: Ördög V.(szerk.) *Haltenyésztés*, elektronikus BSc jegyzet, pp. 33-38.

egyéb tudományos előadások

1. HAVASI M., TÁTRAI I., KORPONAI J., KUCSERKA T. (2006) A domináns Cladocera plankton méret- és termékenységváltozása a Kis-Balaton tározó I. ütemén. *XLVIII. Hidrobiológus Napok*, Tihany, poszter szekció
2. GYÖRGY Á.I., HAVASI M., BOROS G. (2007) A halászati hozam (CPUE) változása 2005-2007 évek során a Major-tóban. *XLIX. Hidrobiológus Napok*, Tihany, poszter szekció

3. HAVASI M., TÁTRAI I., KORPONAI J., KUCSERKA T. (2007) A *Bosmina longirostris* méret- és termékenységváltozása a Major-tóban. *XVIX. Hidrobiológus Napok*, Tihany, poszter szekció
4. HAVASI M. (2007) A *Bosmina longirostris* méret- és termékenység változása a Major-tóban. *ITDK*, Veszprém, dicséret, továbbjutás
5. GYÖRGY Á. I., TÁTRAI I., BOROS G., KORPONAI J., HAVASI M., KUCSERKA T. (2008) Changes in fish community structure in an alternating shallow lake. *Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL)/ International Association of Theoretical and Applied Limnology (Societas Internationalis Limnologiae, SIL)*, Konstanz, Germany, Németország
6. GYÖRGY Á. I., HAVASI M., KUCSERKA T. (2008) A halállomány összetételének (CPUE) és mennyiségének változása a Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer kísérleti taván. *L. Hidrobiológus Napok*, Tihany, poszter szekció
7. GYÖRGY Á. I., TÁTRAI I., BOROS G., KORPONAI J., HAVASI M., KUCSERKA T. (2008) Changes in fish community structure in an alternating shallow lake. *Shallow Lakes Conference*, Punta del Este, Uruguay, poszter
8. HAVASI M. (2008) A *Bosmina longirostris* dinamikája és táplálékhálózatban való szerepe a Major-tóban. *Környezettudományi Hallgatói Kutatások*, Veszprém
9. HAVASI M. (2008) A *Bosmina longirostris* dinamikája és táplálékhálózatban való szerepe a Major-tóban. *XI. Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferencia*, Nyíregyháza, vízi ökológia szekció, II. helyezés
10. Havasi M. (2009) A *Bosmina longirostris* méret- és termékenység változása a Major-tóban. *XXIX. OTDK*, Veszprém, hidrobiológia szekció
11. HAVASI M. (2010) A Balaton őszi-téli madárvilága. *Balaton Szakkollégium*, Pannon Egyetem, Keszthely, 2010. 12. 06.
12. FELFÖLDI Z., ARDÓ L., HAVASI M., NÉMETH S. (2011) Immunstimulátorok vizsgálata csapó sügéren (*Perca fluviatilis*). *XVII. Ifjúsági Tudományos Fórum*, Keszthely, 2011. április 21.
13. FELFÖLDI Z., ARDÓ L., HAVASI M., NÉMETH S. (2011) Gyógynövény alapú immunstimulátorok használata intenzív halnevelésben. *XXXV. Halászati Tudományos Tanácskozás*, Szarvas, 2011. május 25-26.
14. HAVASI M. (2012) Examples of non-native aquatic species found in Lake Balaton. *Learning for Lakes workshop*, Valencia, Spanyolország, 2012. 02. 28.

15. NAGY SZ., KAKASI B., HAVASI M., NÉMETH S., PÁL L., BERCSÉNYI M., HUSVÉTH F. (2013) Dynamic cellular changes during fish sperm activation as measured by flow cytometry. *Diversification in Inland Finfish Aquaculture II., Vodňany, Cseh Köztársaság, 2013. 09. 24.*