



SZENT ISTVÁN EGYETEM

**A takarmánymegvonás, mint technológiai
elem beépítésének lehetősége intenzív
süllőnevelési rendszerbe és ennek hatása
hím ivarú halak szaporodásbiológiai
folyamataira**

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

VARJU-KATONA MILÁN

Gödöllő

2019

A doktori iskola

megnevezése: Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola

tudományága: Mezőgazdaság-tudomány

alprogram: Halbiológia és halgazdálkodás

vezetője: Dr. Mézes Miklós
egyetemi tanár, az MTA rendes tagja
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Állattudományi Alapok Intézet
Takarmányozástani Tanszék

Témavezető: Dr. Müller Tamás
tudományos főmunkatárs, PhD
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet
Halgazdálkodási Tanszék

Társ-témavezető: Dr. Bokor Zoltán
tudományos főmunkatárs, PhD
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet
Halgazdálkodási Tanszék

.....

Az iskolavezető jóváhagyása

.....

A témavezető jóváhagyása

.....

A társ-témavezető jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, A KITŰZÖTT CÉLOK

1.1. A munka előzményei

A 2017-es összesített hazai tógazdasági statisztikák alapján a piaci méretű haltermelésből (14 893 t) a süllő mindössze 0,25%-ban részesedik, 37,6 tonnával (KISS, 2018), annak ellenére, hogy szinte korlátlan mennyiségben lehet(ne) exportálni. A ragadozó haltermelés lényeges mértékű növelésére megoldást adhat hazánkban a hagyományos tavi neveléstől eltérő termelési rendszerek kialakítása (átfolyó vizes, recirkulációs rendszerek), ahol a halakat intenzív módon (keveréktakarmányra alapozva) és ellenőrzött körülmények között nevelik. Magyarországon ma intenzív süllőneveléssel a rendelkezésemre álló információk szerint összesen öt gazdaság foglalkozik, amely közül, tudomásom szerint, egyedül csak a Győri "Előre" HTSz Kisbajcsi telepén folyik étkezési méretű süllő nevelése és értékesítése.

Tapasztalataim szerint a süllő intenzív termelésének egyik legnagyobb problémája, hogy nem elérhető a faj élettani igényeinek teljes mértékben megfelelő specifikus takarmány, így nevelésük a forgalomban lévő halak számára készített teljes értékű keveréktakarmányokra alapozódik. Több éves megfigyeléseim alapján a leggyakoribb probléma, hogy azok túlzottan nagy energiatartalma miatt a halak elzsírosodnak, ami élettani és szaporodásbiológiai problémákat eredményez, emellett szervi rendellenességeket (májelzsírosodás) is okozhat, aminek közvetlen következménye az egyedek elhullása a nevelés során.

Az egyik legegyszerűbb megoldás (fajspecifikus keveréktakarmány fejlesztésén túl) az "éheztetés" és annak a

termelésben való felhasználhatóságának vizsgálata élettani, gyakorlati és gazdasági szempontból. A süllő fajjal kapcsolatban az éhezés gyakorlati felhasználhatóságáról, a kompenzációs növekedés kihasználásáról, valamint ezek hatásáról a gazdaságos végtermék (étkezési hal) előállításához csak kevés irodalmi adat áll rendelkezésre.

1.2. Célkitűzések

- Célul tűztem ki a Győri “Előre” Halászati TSz. Kisbajcsi telephelyén - a termelési rendszer, az etetett takarmány és a helyi adottságok figyelembe vételével - az intenzíven nevelt süllőállomány vágási kihozatalának felmérését és annak ivarhatását.
- Céljaim között szerepelt továbbá az intenzív nevelőtelepen nevelt süllők elzsírosodásának mérséklése kedvezőbb takarmányozási - célzottan elsősorban a takarmány időszakos megvonása - technológiai lépések kidolgozását szolgáló kutatások megindítása.
- Céлом volt a vágási kihozatal élősúlyra vetített relatív növekedésének felmérése is, mert jól ismert, hogy a különböző éheztetési időszakok alatt a vágási veszteséget adó zsigeri szervek (elsősorban a hasúri zsír és a máj) tömege csökken, amellyel párhuzamosan viszont a karkasz és a filé nagyság növekedik, így a testösszetétel és a megváltozott zsírsav profil miatt megváltozott lipidperoxidációs tulajdonságokat tekintve kedvezőbb minőségű élelmiszert lehet előállítani.
- További céljom volt a kompenzációs növekedésben rejlő termelési és gazdasági előnyök kihasználhatóságának vizsgálata intenzív körülmények között.
- Vizsgálni kívántam emellett a termelőállományból kiemelt tejes süllő egyedek (többek között takarmánymegvonással) szaporításra való felkészíthetőségét, különböző hormon kezelésekre mutatott

reagálását, továbbá spermaminőségüket és a sperma mélyhűtés nélküli eltarthatóságának időtartamát, illetve azt is, hogy a sperma tárolását milyen mértékben befolyásolja a tárolás módja.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. Vágási kihozatal intenzíven nevelt süllőknél

Későbbi vizsgálataimhoz elsőként a kísérleteim helyszínül szolgáló Győri "Előre" Halászati Termelőszövetkezet kisbajcsi telepén lévő piaci méretű - étkezésre szánt - süllők vágási kihozatalát vizsgáltam (500-1000 g-os egyedek). A kapott adatokat a későbbi vizsgálataimból származó eredmények elemzése során is felhasználtam.

A vizsgálat során a halfeldolgozóban mértem az egész süllők testtömegét, a pikkelyezés, zsigereles és mosás utáni teljes testtömeget, továbbá feljegyeztem az ivart. Elektromos sokkolást követően a halak pikkelyezése, a zsigerek és az ivarszervek eltávolítása, valamint az úszóhólyag és a hashártya kikaparása következett. Vágási veszteségként jelentkezett továbbá a tápcsatorna takarmánytartalma, a vér és a hasúri folyadék is.

2.2. Az etetés és éheztetés hatása piaci méretű süllőkre

2.2.1. Kísérlet beállítása, halak feldolgozása

A véletlenszerűen kiválasztott halakat (n=40) egy 4 m³-es, (4000×1000×1000 mm, vízcseré 4-5 liter/perc) 4 egyenlő részre osztott medencébe (1000 L/ rekesz) telepítettem, ahol 3 csoportot alakítottam ki:

- A csoport: kiindulási kontroll, mintavételezve a vizsgálat kezdetekor (n=8)
- B csoport: folyamatosan etetett csoport (n=2×4, 2 ismétlés)

- C csoport: halak, melyektől a táplálékot megvontam
($n=2 \times 4$, 2 ismétlés)

A B csoport egyedeinek napi takarmányadagja a vizsgálat ideje alatt a testtömeg 0,5%-a volt (Biomar Efico Sigma 6,5 mm, Biomar Group, Aarhus, Dánia). Ezt a takarmányt a gyártó kifejezetten sügérféléknek - így süllőnek - ajánlja.

Minden mintavételt 24 órás éheztetés előzött meg, hogy a tápcsatorna eltérő telítettségi állapotával ne torzuljon a zsigeri tömeg. Irodalmi adatok alapján úgy becsültem, hogy 20 °C-on a béltartalom jelentős része 24 óra elteltével kiürül. Az esetleges maradék béltartalmat a tömegmérés előtt eltávolítottam a bélcsatornából.

A teljes test tömege mellett 10 különböző testalkotó tömegét mértem. Ezek a gonád, a teljes tápcsatorna (béltartalom nélkül), a máj, a hasúri zsír, a gerinc a páratlan úszókkal (hátúszó és fark alatti úszó), a fej a páros úszókkal (mellúszó és hasúszó), a kétoldali filé, illetve a filékről lenyúzott pikkelyekkel borított mindkét oldali bőr voltak. Emellett *post mortem* húsmintát vettem minden süllő egyedtől.

2.2.2. Kémiai húsösszetétel vizsgálat

A mintavételezésre a vizsgálat megkezdésének időpontjában, majd a kísérlet 3. illetve 6. hetében került sor.

A kémiai vizsgálatot weendei analízissel végeztem csoportonként és ismétlésenként 8-8 hal felhasználásával. A szárazanyag mellett a nyersfehérje, a nyerszsír és a nyersshamu került meghatározásra. Az analízis előtt az egyedileg vett filémintákat homogenizáltam és az abból vett mintákat halanként mértem, majd a kezelési csoportok átlagértékeit hasonlítottam össze.

Az adatok statisztikai értékelését páronkénti összehasonlítással Tukey-Kramer féle post-hoc T-teszttel végeztem, GraphPad InStat, Windows version 3.05 programmal (GraphPad Software, San Diego, California, Amerikai Egyesült Államok).

2.2.3. Lipidperoxidációs folyamatok vizsgálata

A vizsgálat a testösszetétel analízis mérése után történt ugyanazon halak mintájából.

A lipidperoxidáció vizsgálatához, annak biomarkereiként, a konjugált diének (CD) és a konjugált triének (CT), valamint a malondialdehid (MDA) koncentráció vizsgálatát végeztük el a májból, továbbá az MDA koncentráció mérést a húsból is. A redukált glutation (GSH) koncentrációjának mérését 5,5'-ditio-bisz-2-nitrobenzoesav (Ellman-reagens, Sigma, St. Louis, Missouri, Amerikai Egyesült Államok) reagens segítségével végeztük. A glutation-peroxidáz (GPx) aktivitását végpontos direkt assay-vel, redukált glutation (Reanal, Budapest, Magyarország) és kumol-hidroperoxid (Sigma, St. Louis, Missouri, Amerikai Egyesült Államok) ko-szubsztrátok jelenlétében határoztuk meg.

Az adatok statisztikai értékelését páronkénti összehasonlítással Tukey-Kramer féle post-hoc T-teszttel végeztem a GraphPad InStat, Windows 3.05 verziójú programmal (GraphPad Software, San Diego, California, Amerikai Egyesült Államok).

2.3. Kompensációs növekedési vizsgálatok

2.3.1. Kompensációs növekedés növendék süllőnél

Kísérletemben 6 hónapos, véletlenszerűen kiválogatott süllő egyedeket (átlagos kiindulási testtömeg $78,7 \pm 0,7$ g) 200 literes, 150

cm vízmagasságú körmedencékbe telepítettem ($n=6 \times 100$, telepítési sűrűség= $39,35 \text{ kg/m}^3$).

A halcsoport mérése 10 egyedenként történt, azaz minden csoport ($n=100$) tíz részletben került lemérésre, kábítás nélkül.

Az etetett halcsoportok $1,5\%$ /testtömeg kg Biomar Efico Sigma 3 mm (Biomar Group, Aarhus, Dánia) takarmányt fogyasztottak a kísérlet teljes időtartama alatt. Az etetési és az éhezési időtartamok 7 naposak voltak, a teljes vizsgálat pedig 6 hétig tartott. A takarmány pazarlást növendék halak esetében maximum 5-10 %-ra becsülöm.

A süllők növekedésével kapcsolatosan specifikus növekedési rátát (SGR) és takarmány-hasznosítási értéket (FCR) számoltam ki.

2.3.2. Kompenzációs növekedés piaci süllőnél

A kísérlet 4 m^3 -es medencékben zajlott, ahol medencénként 2 rekeszt különítettem el. Az elrekesztett medence részek 5 mm -es szemméretű rácsokkal voltak elválasztva, elkerülve, hogy a tápszemcsék átsodródhassanak egyik medencerészből a másikba.

A 18 hónapos halak, véletlenszerű válogatást követő elhelyezése 10 egyedes csoportokban történt. Három kontroll (ezekben folyamatos volt az etetés), illetve három kompenzációs csoport került kialakításra egyedileg mérlegelve (átlagos testtömeg $672,30 \pm 22,20 \text{ g}$). Az etetett és a kompenzációs csoportok külön medencékben voltak elhelyezve. A halak takarmányadagját - Biomar Efico Sigma $6,5 \text{ mm}$ (Biomar Group, Aarhus, Dánia) - 1% /testtömeg kg-ban állítottam be. Az etetett halak a takarmányt teljes mértékben elfogyasztották, táppazarlást nem tapasztaltam. A süllők növekedésével kapcsolatosan a specifikus növekedési rátát (SGR) és a takarmány-hasznosítási értéket (FCR) számoltam ki.

A vizsgálat végén 8-8 egyed vásági kihozatalát is vizsgáltam, hogy felmérhessem a 6 hetes kompenzációs kezelés hatását a vágóértékre.

2.4. Telepi piaci méretű tejes halak szaporodásbiológiai felmérése

2.4.1. Anyahalak tartása, felkészítése

A halakat a termelőállományból áthelyezve recirkulációs rendszerben, piros fény mellett félhomályban (30-40 lux), 18 °C-on tartottuk 3 rekeszre osztott 3 m³-es (1m³/rekesz) medencében. A halakat a kísérlet végéig (3 hónap) táplálás nélkül tartottuk.

Az ivási idő előtti felkészítés során 30 nap alatt 10 °C alá hűtöttük a víz hőmérsékletet, a megvilágítási idő hosszát pedig 12 órától fokozatosan 8 órára csökkentettük. A mesterséges telet 8 °C körüli hőmérséklettel biztosítottuk (kb. 40 nap), majd a kezelés előtt 25 nappal a víz hőfokot fokozatosan 12 °C-ig emeltük, a megvilágítási időt pedig fokozatosan 10 órára növeltük.

2.4.2. Hormonkezelés

A kísérleti halak közül 10 tejes került kiválasztásra, amelyeket a tartókád szakaszolásával két csoportra osztottunk. Kábítást követően a kezelési csoportok elkülönítése érdekében a két hasúszó eltérő csonkolásával történt a csoportok jelölése. Testtömegmérést követően lazac-gonadotrop releasing hormon (sGnRH-Syndel 1 mg, Syndel, Nanaimo, British Columbia, Kanada) és humán chorion-gonadotropin (hCG - CHORAGON 5000 NE, Choragon injekció, Ferring Magyarország Kft., Budapest, Magyarország) törzsoldatokból a hasúszó tövével a hímek hasüregébe (50µg sGnRH/ttkg, illetve 100 NE hCG/ttkg) injektáltuk.

2.4.3. Spermagyűjtés és vizsgálat

Öt nappal a hormonkezelést követően, bódítás után, 5 cm hosszú és 1 mm átmérőjű rugalmas gumi katétert vezetünk az ivarnyílásba, a vizelettel való szennyeződés elkerülése érdekében, majd a katéteren keresztül a lefejt sperma adagokat egyedileg jelölt eppendorf csövekbe gyűjtöttük. Minden adagot kétfelé osztottuk (200-200 μ l sperma), amelyek egyikét mindig **nyitva**, a másikat mindig **zárva** tartottuk. Így a tárolás során (4 °C) minden spermamintából két adatsort rögzítettünk.

A friss és a tárolt spermaminták motilitását számítógépes spermavizsgáló módszerrel (CASA, Computer-Assisted Sperm Analysis) rögzítettük, amelyhez a Sperm VisionTM v. 3.7.4. (Minitube of America, Venture Court Verona, Amerikai Egyesült Államok) rendszert használtuk. A sperma aktivációja Makler kamrában (Sefi-Medical Instruments Ltd., Izrael) történt 0,01 g/ml szarvasmarha szérum albumin (BSA, bovine serum albumin) hozzákeverésével.

A mérések a fejest követően hat órán belül megtörténtek, míg a mérések között a mintákat 4 °C-os olvadó jégen tároltuk.

3. EREDMÉNYEK

3.1. Vágási kihozatal intenzíven nevelt süllőknél

A vágási kihozatal átlagosan 87,7%-os volt, 12,3%-os vágási veszteséggel. A 155 vizsgált és feldolgozott süllő esetében az ivarnak nem volt hatása a vágási kihozatalra. A telepi felmérés eredményei további megfigyelések és kísérletek (3.2. és 3.5. alfejezetek) alapjául szolgáltak.

3.2. Etetés és éheztetés piaci méretű süllőnél

3.2.1. Testtömeg vizsgálatok

Az etetett és éheztetett csoportok testtömegváltozása a várt módon alakult, azaz az éheztetett csoport testtömege folyamatosan csökkent, míg az etetett csoporté folyamatosan növekedett. Az első méréskor (21. nap) az éheztetett csoport testtömege a kiindulási értékhez képest statisztikailag is igazolható mértékben csökkent ($p < 0,05$), míg az etetett csoport testtömeg növekedése nem volt statisztikailag igazolható. A két csoport között azonban már az első méréskor is jelentős különbség alakult ki.

A vágóértéket tekintve az éheztetett halak arányosan kisebb vágási veszteséget mutattak, statisztikailag igazolható különbséget azonban a kontroll és a telepi törzsállományhoz képest nem mutattam ki.

A vágási paraméterek közül kiemelendő változást az etetett csoport májszomatikus indexe (+25,6%) és a hasüri zsír (+30,2%) mutatott, továbbá a bőrös filé (+1,6%) és a nyúzott filé (+2,7%) relatív értékei mutattak statisztikailag is igazolható növekedést ($p < 0,05$). Az éheztetett csoportban a kétoldali bőr (+7,5%) és a fej a

páros úszókkal aránya (+8,2%) nőtt statisztikailag is igazolható mértékben.

A filé minták kémiai vizsgálata azt mutatta, hogy míg az etetett egyedek húsának beltartalmi értékei változatlanok maradtak, addig az éheztetett egyedek mintáiban jelentős, de statisztikailag nem igazolható ($p=0,079$) nyerszsír tartalom csökkenés volt észlelhető. Ezt a csökkenést az intramuszkuláris zsírtartalom csökkenése okozta, ami a filék relatív tömegcsökkenéséért is felelős lehet. A vizsgált csoportok adatai között azonban nem találtam statisztikai igazolható eltérést $p<0,05$ szinten.

3.2.2. Lipidperoxidációs folyamatok vizsgálata

A testtömeg csökkenésén és az energiaraktárak mobilizálódásán kívül további megfigyelésem, hogy az éhezéssel párhuzamosan növekvő intenzitású lipidperoxidáció volt tapasztalható, amire a májban és a húsban is mért malondialdehid (MDA) szint szignifikánsan növekvő szintje utal. Ez a változás feltehetően a glutation redox rendszer gyengülésének következménye.

A lipidperoxidációs folyamat iniciációs szakaszát jelző biomarkerek vizsgálatakor szignifikáns mértékű változást tapasztaltunk a 42 napot éheztetett halcsoport májában, ugyanis a konjugált diének (CD) mennyisége jelentősen nagyobb volt ($p<0,05$ szinten), mint a kontroll csoporthoz viszonyítva.

A lipidperoxidációs folyamat terminációs szakaszát jelző metastabil végterméknek, a malondialdehidnek a koncentrációja is radikális növekedést mutatott az éhezés következtében. Három hetes koplalást követően ugyanis az éheztetett csoportok májában statisztikailag igazolhatóan ($p<0,001$) nagyobb MDA koncentráció

volt mérhető a kontroll csoporthoz viszonyítva, megtartva ezt a szignifikáns különbséget ($p < 0,001$) a hatodik hétig koplaltatott csoport halainak mintájában is.

A filé minták MDA értéke az éhezést követő harmadik hétre még nem mutatott statisztikailag igazolható változást, a hatodik hétre azonban az etetett csoporthoz viszonyítva már szignifikáns eltérés ($p < 0,05$) volt kimutatható.

Az éheztetés következtében statisztikailag kimutatható csökkenés volt mérhető ($p < 0,001$) a halak májában mért redukált glutation (GSH) koncentrációjában 21 napig tartó éhezést követően, akár csak 42 napot követően. Az éhezés során hasonló változás volt tapasztalható a halak májában a glutation peroxidáz (GPx) aktivitásában is, ugyanis jelentősen alacsonyabb GPx aktivitás volt mérhető mind a kísérlet harmadik ($p < 0,001$), mind a hatodik ($p < 0,05$) hetében. A hosszú távú éhezés tehát csökkenti a glutation redox rendszer mennyiségét és/vagy aktivitását, következésképpen növelte a lipidperoxidáció szintjét a süllők szervezetében.

3.3. Kompenzációs növekedési vizsgálatok eredményei

3.3.1. Kompenzációs növekedés eredménye növendék süllőnél

Az intenzíven nevelt növendék süllő kompenzációs növekedésének megfigyelésére beállított kísérletben a folyamatosan etetett csoport egyedei egyenletes növekedési görbét mutattak, míg a kompenzált csoport halainak növekedése a táplálékmegvonásoknak köszönhetően minden második héten visszaesett. A kompenzált csoport takarmányozási heteinek végén azonban lényegesen nagyobb napi növekedési ütemet és specifikus növekedési rátát mutatott testtömeg arányosan és azonos takarmány mennyiségre

számolva, mint a folyamatosan etetett kontroll csoport. A második héten a kompenzált növekedésin csoport átlagtömege szignifikáns mértékben meghaladta a folyamatosan etetett csoport testtömegét ($p < 0,05$), az ezt követő etetési hetekben viszont csak megközelítette a folyamatosan etetett csoport értékeit.

3.3.2. Kompenzációs növekedés eredménye piaci süllőnél

Az étkezési méretű süllő kompenzációs növekedésének, a termelési technológiába való beillesztés céljából elvégzett kísérletben a folyamatosan etetett csoport egyedei egyenletes növekedési görbét mutattak, míg a kompenzált csoport halainak növekedése az időszakos táplálékmgvonásnak köszönhetően minden második héten visszaesett. Szemben a növendék csoportokkal, a kompenzált csoport takarmányozási heteinek a végén a napi növekedési ütem gyorsulása egyetlen héten sem érte el a kontroll csoport értékeit.

A kísérleti eredményekből a takarmányozási módszerre vonatkozó összehasonlítás alapján nem találtam statisztikailag igazolható különbséget a vágási kihozatalban (84,6-87,7%).

3.4. Indukált szaporítás termelőállományból kiválasztott tejesekkel

Az alkalmazott két hormonkészítmény hatása között (sGnRH, hCG) nem volt statisztikailag kimutatható különbség a spermatermelés minőségi paramétereiben (progresszív motilitás, lefejt spermamennyiség, ozmolalitás, spermasűrűség). A megfigyelési napokon belül a nyitott vagy zárt eppendorf csőbe való spermatárolási módszer között sem volt statisztikailag igazolható különbség, ugyanis 24 órás tárolást követően mindkét esetben 80-90

%-os csökkenést mutatott a mintákban a sperma progresszív motilitása, 48 óra elteltével pedig szinte teljesen megszűnt azok mozgása.

3.5. Új tudományos eredmények

1. Intenzív körülmények között, 550-1100 g mérettartományban, kereskedelmi forgalomban lévő, süllőnevelésre javasolt keveréktakarmányon tartott, 20 ± 1 °C-os vízhőmérsékleten nevelt süllőknél az ivarnak nincs hatása a vágási testtömegre és a vágási kihozatalra.
2. A 770-800 g-os kiinduló testtömegű, folyamatosan etetett és 42 napra tápláléktól megvont süllőknél kimutattam, hogy a folyamatosan etetett süllők májának és nyúzott filéjének relatív tömege a mintavételi időpontokban (21. nap, 42. nap), a hasúri zsírtartalom, a bőrös filé pedig a 42. napon történt mintavételkor, statisztikailag igazolható mértékben nagyobb volt. Ezzel szemben a tápláléktól megvont csoportban a fej a páros úszókkal és a kétoldali bőr mindkét mintavételi időpontban nagyobb volt a folyamatosan etetett csoporthoz képest, míg a gerinc a páratlan úszókkal csak a 21. mérési napon mutatott statisztikailag igazolhatóan nagyobb értéket.
3. Süllők éheztesésének hatására a filé szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír és nyershamu tartalmában az etetett és éheztesett csoportok között nem találtam statisztikailag igazolható különbséget.

4. Elsőként vizsgáltam filéből és májból vett mintákból lipidperoxidációs paramétereket süllő esetében. Megállapítottam, hogy az éhezés korai szakaszában mérsékeltten, majd erőteljesebben nő a lipidperoxidációs folyamatok intenzitása, amely összefüggést mutatott a glutation redox rendszer csökkenésével.
5. Elsőként vizsgáltam a kompenzációs növekedési sajátosságokat üzemi körülmények között nevelt növendék és piaci méretű süllőkben. Növendék süllők esetében 6 hetes kompenzációs növekedési vizsgálat alatt csak a 2. héten volt teljes kompenzáció, míg a további hetekben csak részleges. Piaci süllők esetében a 6 hetes vizsgálat során csak részleges kompenzáció volt.
6. Termelő állományból származó étkezési méretű süllő tejeseket az ívási időn kívül spermatermelésre készítettem elő felkészítési periódust (3 hónapos takarmánymegvonás, mesterségesen beállított thermo-cirkádián ritmus) és hormonális indukciót követően (hCG és sGnRH hormonkezelés). A két hormonkezelés között statisztikailag igazolható különbségeket nem találtam sem a spermamennyiségben, sem a sperma progresszív motilitásában.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

4.1. Vágási kihozatal

A telepi körülmények között nevelt 155 vizsgált és feldolgozott süllőben nem találtam ivari hatást a vágási kihozatalra, feltételezhetően azért, mert a vizsgált halak kisméretűek és fiatalak voltak, ebből adódóan ivarszerveik még fejletlenek voltak. Következtetésképpen gazdasági előny kovácsolható abból, ha a halak értékesítésre történő feldolgozása még az előtt történik, mielőtt az egyedek ivarszerveinek jelentős mértékű növekedése beindulna.

A süllők elzsirosodása jelentős, ennek csökkentése tehát feltétlenül indokolt, ugyanis a halak feldolgozása során, a zsigerezés alkalmával, a hasúrben raktározott lipidtartalék eltávolításra kerül, ami technológiai veszteség.

A telepi felmérési eredmények irodalmi adatokkal összevetve azt mutatják, hogy azokhoz képest a Kisbajcsi HTSZ telepen nevelt süllők Biomar gyártmányú, süllőre kifejlesztett keveréktakarmányon nevelve, alacsonyabb vágási kihozatalt értek el. A süllők vágási kihozatalára irányuló vizsgálatok közül a halak nyúzott, bőr nélküli filé tömegéhez képest saját mérési eredményem (40,3%) jelentősen eltér. A tisztított törzs kihozatala viszont megegyezik, sőt meg is előzi a korábban mások által publikált értékeket. A kétoldali bőr illetve a fej tömege az irodalmi adatokkal összevetve, az intenzív nevelésű süllőket figyelembe véve azokkal közel megegyeznek. Az eltérések egyik lehetséges magyarázata a különböző takarmányok eltérő beltartalmi értéke (nyersfehérje %, nyerszsír %), az eltérő tartástechnológia, a takarmányozási módszerek, a genetikai háttér, továbbá az is lehet, hogy jelenleg nincs egységes módszertan a süllő

vágására és feldolgozására, ami az adatokban eltéréseket, torzításokat idézhet elő.

Véleményem szerint ajánlott lenne a süllő igényének jobban megfelelő keverék takarmány kialakítása és etetése, ennek hiányában viszont időszakos éheztetés/purging periódusokat célszerű a nevelési technológiába beilleszteni.

4.2. Éheztetés hatása a testalkotókra és a lipidperoxidációs rendszerre

Süllő esetében a különböző időtartamú takarmánymegvonás a halak testtömegére és a halhús néhány paraméterére is jelentős hatással volt. Ezen jelenségek magyarázata az lehet, hogy éhezés hatására az állati testben, a homeosztázis fenntartása érdekében, a szervezet energiaforrásként a szövetek glikogéntartalmát és lipid tartalékait mobilizálja.

A különböző halfajok között - még sügérféléken belül is - jelentős eltérés mutatkozik az éhezés okozta testtömegváltozásban. Saját vizsgálatom során, 21 és 42 napos éhezést követően a süllők 7% és 14% testtömegcsökkenést mutattak kiindulási testtömegükhöz képest. Eredményeim alapján a süllők kisebb mértékű testtömegcsökkenést mutattak azonos hőmérsékleten (20 °C) vizsgált, takarmánytól megvont csapósügerekhez (*Perca fluviatilis*), illetve alacsonyabb hőmérsékleten, de azonos ideig éheztetett walleye (*Sander vitreus*) egyedekhez képest.

Kifejezett tömegcsökkenést tapasztaltam a koplalási időszak végére a tápcsatorna, a máj és a hasüregi zsír esetében. Eredményeim hasonlóak voltak éheztetett compók (*Tinca tinca*) bélhámján és májában leírt jelentős kórszöveti változásokkal, farkassügerben (*Dicentrarchus labrax*), éhezést követően tapasztalt

máj- és zsírszövetbeli tömegcsökkenéssel, illetve *Silurus meridionalis* éheztetésekor tapasztalt csökkenő hepato-szomatikus index értékével, ahol a máj és a tápcsatorna tömege is csökkent. Hasonló eredményeket írtak le továbbá jászkeszeg (*Leuciscus idus*), atlanti lazac (*Salmo salar*), farkaslazac (*Hoplías malabaricus*), *Pterygoplichthys disjunctivus*, és *Prochilodus lineatus* fajokban is.

Az éhezési időszak előrehaladtával a testsúly folyamatosan csökkent, ami a zsírtartalom mobilizálódásával magyarázható, azonban a csökkent filétömegek tendenciaszerűen csökkenő zsírtartalom mellett arra engednek következtetni, hogy az éhezés során az intramuszkuláris mellett a hasúri lipidtartalékok is mobilizálódnak. Az egyes zsírtartalékok, így a hasúri vagy az izom intramuszkuláris zsírtartalmának mobilizációja éhezés során halfajonként eltérő ugyan, de például szivárványos pisztrángnál (*Oncorhynchus mykiss*) a hasúri zsír mobilizációját tekintik elsődlegesnek és úgy tűnik, hogy ez süllőnél is hasonló lehet.

Az éheztetett halak filétömegének csökkenése ugyanakkor arra utal, hogy a szervezet részben mobilizálta a halhúsban lévő intracelluláris energia tartalékokat (lipidek) is, hogy fenntartsa a test homeosztázisát a táplálékhiányos idő alatt. Az éhezett halak filéjének nyerszsírtartalma nem szignifikáns mértékben ugyan, de tendenciaszerűen csökkent, ami arra utal, hogy hosszan tartó éhezés ideje alatt, amikor a vér glükóz- és a máj glikogén tartalékai kimerülnek, a szervezet a test lipid tartalékait használja energiaforrásként.

Vizsgálatom alatt sem agresszióra (kannibalizmus), sem stresszre utaló állapotot nem tapasztaltam. A tápláléktól megvont egyedek a medence alján mozdulatlanul tartózkodtak. Ez a tapasztalatom egyezést mutat azokkal az irodalmi adatokkal, melyek

szerint az éhező szervezet viselkedésének változásával (lassabb helyváltoztatás és mozgási intenzitás) is próbálja energiaigényét csökkenteni.

Süllőnél az éheztetés ideje alatt kifejezett változások voltak tapasztalhatóak a glutation redox rendszer néhány paraméterében is, ami a redukált glutation esetében ennek a tripeptidnek az antioxidáns hatású szulfhidril csoportok szintéziséhez szükséges folyamatos aminosav ellátás (metionin és/vagy cisztein) hiányával magyarázható. A redukált glutation – egyéb funkciói (pl. a sejtek szabad szulfhidril tartalmának biztosítása) mellett - a glutation peroxidázok (GPx) kosubsztrátja, így a koncentrációjának csökkenése negatív irányban befolyásolja az enzim aktivitását.

Az eredmények azon korábbi tapasztalatokkal mutatnak hasonlóságot, miszerint a GPx egy allosztérikus enzim, amely működése során egyrészt reaktív oxigén intermediereket, másrészt GSH-t használ fel szubsztrátként, amelyek hiányában aktivitása csökken.

A GPx aktivitás csökkenése jelentős az enzimátikus antioxidáns védelem szempontjából, azaz annak hatására az antioxidáns védelem hatékonysága csökken, amely egyúttal összefügg az aminosav, valamint a szénhidrát ellátottsággal is, következményesen pedig a szabadgyökök által generált lipidperoxidáció jelentős növekedéséhez vezet éhező halak májában.

Ezen folyamatok markereinek mennyisége jelentős növekedést mutatott a májban, statisztikai igazolható változást azonban csak a 42 napja éhezett egyedeknél figyeltem meg. A lipidperoxidáció metastabil végtermékének, a malondialdehidnek a mennyisége viszont már 21 napot követően is és 42 nap éhezést követően is

szignifikánsan magasabb volt, ami arra utal, hogy a glutation redox rendszer mérsékelt csökkenése erőteljes lipidperoxidációt indukál.

Ennek az időbeli eltérésnek a magyarázata a zsírsavaknak az éhezés ideje alatti eltérő mobilizációjában keresendő, éhezés során ugyanis először a telített (SFA) és az egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFA) mobilizálódnak. A többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) csak később mobilizálódnak, azok viszont sokkal inkább érzékenyek a peroxidációs károsodásra.

Megfigyeléseim hasonlóságot mutatnak aranydurbincs (*Sparus aurata*) egyedek májában mért éhezés során növekvő MDA értékekkel, illetve a folyamatosan csökkenő GSH koncentrációval. Sebes pisztráng (*Salmo trutta*) májában, hosszú távú éhezést követően szintén növekvő MDA szintet mértek, akár csak 12 napos éhezést követően nagy sárga árnyékhal (*Pseudosciaena crocea*) májában.

A süllők filéjéből vett mintákban az MDA koncentráció szintén szignifikáns mértékben emelkedett az éhezés 42. napján történt mintavételkor, míg ilyen eltérést a 21 napos éhezést követően még nem találtam. Ezek az eredmények ebben az esetben arra engednek következtetni, hogy az éhezés korai szakaszában először a telített és az egyszeresen telítetlen zsírsavak mobilizálódtak, az éhezés hatodik hetére azonban már a többszörösen telítetlen zsírsavak is, így fokozott lipidperoxidációval lehet számolni, különösen amiatt, hogy erre az időpontra már az antioxidáns védelem is jelentős mértékben gyengült.

4.3. Kompenzációs növekedés növendék és piaci méretű süllők esetében

Vizsgálataim során a kompenzációs növekedés akvakultúrák használatának létjogosultságát állapítottam meg süllők esetében, igazolva olyan korábbi hibrid naphalakkal (*Lepomis cyanellus* ♀ × *L. macrochirus* ♂) végzett kísérlet eredményt, amely szerint a kompenzációs növekedés megfelelő takarmányozási rendszerekben hatékony és gyors módszer a halak testtömegének növelésére.

A kompenzáció kihasználása gazdasági előnyökkel járhat, hiszen a halnevelés teljes ideje alatt a legjelentősebb költség a munkaerő mellett a takarmány, és ha ez csökkenthető, akkor a termelés is gazdaságosabbá tehető, mert akvakultúrában a neveléshez felhasznált takarmány a változó költségek 50%-át teszi ki.

Továbbá azokon a napokon, amikor a halak 'koplálnak' az emberi munkaerő igény is csökken, mert a gondozók munkaidejének kisebb részét teszi ki az ezekkel a halcsoportokkal történő munkavégzés. Más oldalról a medencék vize ez idő alatt tisztul, vízminősége javul és a szervesanyag terhelés is csökken. Átfolyó vizes medencéknél ez halcsoportonként kevesebb munkát is jelent, mert ilyenkor a medencék takarítása is elhagyható.

A teljes vizsgálat idejére vetítve a halcsoportok takarmányhasznosításában jelentős különbség mutatkozott, ugyanis 61%-kal hatékonyabbnak mutatkozott a kompenzációs növekedést kihasználó halcsoportok esetében a folyamatosan etetett halakéhoz képest. Piaci süllők esetében a kompenzált csoport takarmányhasznosítása 17,2%-kal volt hatékonyabb.

4.4. Spermaminősítés intenzív nevelésből származó halak esetében

Az alkalmazott két hormonkészítmény között (sGnRH, hCG) nem volt kimutatható különbség a spermatermelés minőségi paramétereiben (progresszív motilitás, spermamennyiség, ozmolalitás, sejtkoncentráció). A vizsgálatok nem mutattak ki különbséget a nyitott vagy zárt eppendorf csőben történt spermatárolási módszer között sem. Ugyanakkor már 24 óra elteltével is olyan mértékben csökken a progresszív motilitás, hogy a hűtve tárolt mintákat nem javasolt termékenyítésre felhasználni, azaz csak friss, vagy mélyfagyasztott spermával érdemes termékenyíteni.

Különböző időpontokban (március 26, április 21, június 13) hormonkezelt tavi süllők esetében azt tapasztalták, a hideg periódus hossza nem befolyásolta jelentősen a sperma minőségi paramétereit, de a spermatermelés mennyiségére hatással volt. Ebből arra következtethetünk, hogy hosszabb idejű hidegperiódussal nagyobb mennyiségű spermatermelést is elérhettünk volna, ezt azonban az elvégzett kísérlet alapján nem lehet egyértelműen kijelenteni.

A spermaminősítés eredményeképpen elmondható, hogy a termelésbe vett hímek ivarérettek és felhasználhatóak szaporításra annak ellenére, hogy korábban a nagy energiatartalmú takarmány fogyasztásának következtében kondíciójuk nem volt igazán kedvező a szaporításra. A felkészítés folyamán azonban az éheztetés, valamint a hő- és fényprogram hatására a tejesek teljes mértékben alkalmassá váltak a szaporításra.

Az eredmények alapján elmondható, hogy a vizsgált halak szaporításba vonhatóak és alkalmasak voltak a termékenyítésre, ennek köszönhetően abban az esetben, ha telepi körülmények között

probléma adódik az anyahalak felkészítése során, akkor a tejesek helyettesíthetőek termelésből kiválogatott egyedekkel is.

4.5. Javaslatok

A vizsgálataim eredményeiből és gyakorlati tapasztalataimból azok hatékony jövőbeli használatához a következő javaslatokat szeretném tenni:

1. Javaslom a süllők telepi takarmányozási technológiájának fejlesztésére további vizsgálatok beállítását.
2. Javaslom a takarmányozási gyakoriság, intenzitás és a szakaszos és részleges takarmánymegvonás lehetőségeinek vizsgálatát.
3. Javaslom a kompenzációs növekedés gyakorlati kihasználtságának további vizsgálatát, illetve a kompenzáció hőoptimumának meghatározását mind süllőnél, mind más gazdaságilag fontos intenzíven nevelt halfajon.
4. Javaslom az éhezés hatásának további vizsgálatát, kiterjesztve a hal hújának zsírsavprofiljára, továbbá annak állagára, szerkezetére, konzisztenciájára és ízére is.
5. Javaslom az intenzíven nevelt állományokból kinevelhető tenyészhalak gyakorlati szaporításra történő használatosságának további vizsgálatait.

5. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

5.1. Tudományos folyóiratban megjelent közlemények

Varju, M. & Mézes, M. (2016). Éhezés hatására bekövetkező élettani folyamatok halakban. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 65(3), 23-39.

Varju-Katona, M., Müller, T., Bokor, Z., Żarski, D., Mézes, M. & Balogh, K. (2018). Excessive starvation effects on antioxidant defence and lipid peroxidation in intensively reared, commercial-size pikeperch (*Sander lucioperca* L.). *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44, 349-352.

Varju-Katona M., Müller T., Bokor Z., Balogh K. & Mézes M. (2018). Effects of various lengths of starvation on body parameters and meat composition in intensively reared pikeperch (*Sander lucioperca* L.). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, DOI: 10.22092/ijfs.2019.118095

5.2. Konferenciakiadványban megjelent közlemények

Bernáth, G., Mosonyi, G., Szilágyi, G., Várkonyi, L., Varjú, M., Urbányi, B. & Bokor, Z. (2016). Post-thaw motility and longevity of movement in pre-season collected pikeperch (*Sander lucioperca*) sperm. *European Aquaculture Society - Aquaculture Europe 2016*, Abstract book, 100-101. pp.

Bokor, Z., Szári, Zs., Ferincz, Á., Szilágyi, G., Várkonyi, L., Varjú, M., Urbányi, B. Bernáth, G. (2017). Post-thaw motility and post-thaw storage in off-season collected Pikeperch (*Sander lucioperca*) sperm. European Aquaculture Society - Aquaculture Europe 2017, Abstract book, 133-134. pp.

Varju-Katona M., Szilágyi G., Bokor Z. & Müller T. (2018). Intenzíven nevelt piaci méretű süllők vágási kihozatalának telepi felmérése a Győri “Előre” HTSz Kisbajcsi halnevelő telepén. XXXVII. Óvári Tudományos Napok, Konferencia kiadvány 2. kötet, 341-345.

5.3. Poszter

Müller T., Bernáth G., Varjú M., Szilágyi G., Sziráki B., Csorbai B., Várkonyi L. & Urbányi B. (2017). Out of season induced sperm production of RAS Pikeperches *Sander lucioperca* without preparation period. Aquaculture Europe 2017, October 17-20, 2017. Dubrovnik, Croatia (abstract book: 785).

Müller T., Bernáth G., Żarski, D, Várkonyi L., Csorbai B., Varjú M., Molnár J., Szilágyi G., Sziráki B., Ljubobratovic U., Péter G., Rónyai A. & Urbányi B. (2017). Különböző intenzív nevelő telepekről származó süllők (*Sander lucioperca*) spermatermelés vizsgálata. LIX. Georgikon Napok Nemzetközi Tudományos Konferencia 2017. szeptember 28-29, abstract book: p 130.

Bernáth G., Żarski, D, Várkonyi L., Csorbai B., Varjú M., Molnár J., Szilágyi G., Sziráki B., Ljubobratovic U., Péter G., Rónyai A., Urbányi B. & Müller T. (2017). Intenzív nevelő telepekről származó süllők spermatermelés vizsgálata. XLI. Halászati Tudományos Tanácskozás 2017. június 14-15. Abstract book p. 43.