

DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS

BIRÓ JANKA

**KAPOSVÁRI EGYETEM
ÁLLATTUDOMÁNYI KAR**

2013.

KAPOSVÁRI EGYETEM
ÁLLATTUDOMÁNYI KAR
Természetvédelmi Tanszék

A doktori iskola vezetője:
PROF. DR. KOVÁCS MELINDA
egyetemi tanár

Témavezető:
DR. HANCZ CSABA
a mezőgazdasági tudomány kandidátusa

A TAKARMÁNY ZSÍRFORRÁSAINAK ÉS KÜLÖNBÖZŐ
MÉRTÉKŰ SZELÉN KIEGÉSZÍTÉSÉNEK HATÁSA AZ
AFRIKAI HARCSA ÉS A NÍLUSI TILÁPIA FILÉ
ÖSSZETÉTELÉRE

Készítette:
BIRÓ JANKA

KAPOSVÁR

2013.

DOI: 10.17166/KE.2013.005

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	6
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	9
2.1. A halhús, mint funkcionális élelmiszer.....	9
2.1.1. <i>A szelén szerepe a humán egészségben</i>	11
2.1.2. <i>A szeléntartalmú funkcionális halhús előállításának lehetőségei..</i>	13
2.1.3. <i>Az esszenciális zsírsavak szerepe a humán egészségben.....</i>	16
2.1.4. <i>Az afrikai harcsa és nílusi tilápia filé, mint lehetséges funkcionális élelmiszer.....</i>	18
2.2. A vizsgált fajok rendszertani besorolása, elterjedése, táplálkozási sajátossága, gazdasági jelentősége	20
2.2.1. <i>Az afrikai harcsa jellemzése</i>	20
2.2.1.1. <i>Az afrikai harcsa rendszertani besorolása</i>	20
2.2.1.2. <i>A faj elterjedése, környezeti igénye, táplálkozása</i>	21
2.2.1.3. <i>Az afrikai harcsa megjelenése és specifikus tulajdonságai.....</i>	22
2.2.1.4. <i>Az afrikai harcsa jelentősége.....</i>	22
2.2.1.5. <i>A világ afrikai harcsa termelése</i>	23
2.2.1.6. <i>Afrikai harcsa termelés Magyarországon</i>	24
2.2.1.7. <i>Az afrikai harcsa intenzív nevelési technológiája</i>	25
2.2.2. <i>A nílusi tilápia jellemzése</i>	25
2.2.2.1. <i>A nílusi tilápia rendszertani besorolása</i>	25
2.2.2.2. <i>A faj elterjedése, környezeti igénye, táplálkozása</i>	26
2.2.2.3. <i>A nílusi tilápia megjelenése és specifikus tulajdonságai</i>	27
2.2.2.4. <i>A nílusi tilápia jelentősége</i>	27
2.2.2.5. <i>A világ nílusi tilápia termelése</i>	28
2.2.2.6. <i>A nílusi tilápia intenzív nevelési technológiája</i>	29
2.3. A szelén szerepe a haltakarmányozásban	29
2.3.1. <i>A halak szelénszükséglete</i>	29
2.3.2. <i>A különböző szelénforrások hozzáférhetősége a halak számára ...</i>	34
2.3.3. <i>A szelénhiány és -mérgezés tünetei halakban</i>	36
2.4. A lipidek jelentősége az afrikai harcsa és a nílusi tilápia takarmányozásában.....	41
2.4.1. <i>Zsírok és zsírsavak az állati szervezetben.....</i>	41
2.4.2. <i>A hal-, len- és szójaolaj általános jellemzése</i>	44
2.4.3. <i>Zsírok és zsírsavak az afrikai harcsa takarmányozásában</i>	47
2.4.4. <i>Zsírok és zsírsavak a tilápia takarmányozásban.....</i>	48
3. CÉLKITŰZÉSEK.....	51
4. ANYAG ÉS MÓDSZER	52
4.1. A kísérleti állományok származása és elhelyezése.....	53

4.2. Tartási körülmények és környezeti tényezők	54
4.3. Kísérleti beállítások	55
4.3.1. <i>A hal-, len- és szójaolaj kiegészítés hatásának vizsgálata az afrikai harcsa zsírsav-profiljára és a hagyományos húsminőségre</i>	55
4.3.2. <i>A hal-, len-, és szójaolaj kiegészítés hatásának vizsgálata a nilusi tilápia zsírsav-profiljára, a hagyományos húsminőségre, továbbá az ivar és a különböző olajforrások együttes hatásának vizsgálata a zsírsav-profilra</i>	56
4.3.3. <i>A különböző mértékű szelénkiegészítések hatásának vizsgálata az afrikai harcsa termelésére és a filé szeléntartalmára.....</i>	57
4.3.4. <i>A különböző mértékű szelénkiegészítések hatásának vizsgálata a nilusi tilápia termelésére és a filé szeléntartalmára</i>	58
4.3.5. <i>A szójaolaj- és szelénkiegészítés hatásának vizsgálata az afrikai harcsa húsminőségére.....</i>	59
4.3.6. <i>A szójaolaj- és szelénkiegészítés hatásának vizsgálata a nilusi tilápia húsminőségére</i>	59
4.4. A kísérleti takarmányok	60
4.5. Mérés, adatfelvétel és kiértékelés	61
4.5.1. <i>Mérések, származtatott mutatók kiszámítása.....</i>	61
4.5.2. <i>Mintavétel, kémiai analízis</i>	62
4.5.3. <i>Statisztikai feldolgozás</i>	65
5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	67
5.1. A hal-, len- és szójaolaj kiegészítés hatása az afrikai harcsa termelésére, zsírsav-profiljára és a hagyományos húsminőségre	67
5.1.1. <i>A termelési paraméterekre vonatkozó eredmények.....</i>	67
5.1.2. <i>A filé kémiai összetételének és a hagyományos húsminőségi mutatók alakulása</i>	68
5.1.3. <i>A filé zsírsav-profiljának alakulása a különböző zsírforrások és a kezelés hosszának hatására</i>	73
5.2. A hal-, len-, és szójaolaj kiegészítés hatása a nilusi tilápia termelésére, zsírsav-profiljára és hagyományos húsminőségére, továbbá az ivar és a különböző olajforrások együttes hatása a zsírsav-profilra.....	75
5.2.1. <i>A termelési mutatókra vonatkozó eredmények.....</i>	75
5.2.2. <i>A filé kémiai összetételének és a hagyományos húsminőségi mutatók alakulása</i>	76
5.2.3. <i>A filé, a máj és a hasúri zsír zsírsav-profiljának alakulása a különböző zsírforrások hatására</i>	80
5.2.4. <i>Az ivar és a különböző olajforrások hatása a zsírsavprofilra</i>	84
5.3. A különböző mértékű szelénkiegészítések hatása az afrikai harcsa termelésére és a filé szeléntartalmára	86
5.3.1. <i>A termelési mutatókra vonatkozó eredmények.....</i>	86
5.3.2. <i>A szelénkiegészítés hatása a filé szeléntartalmára.....</i>	88

5.4. A különböző mértékű szelénkiegészítések hatása a nílusi tilápia termelésére és a filé szeléntartalmára	90
5.4.1. A termelési paraméterekre vonatkozó eredmények.....	90
5.4.2. A filé kémiai összetétele és szeléntartalma	92
5.5. A szójaolaj- és szelénkiegészítés hatása az afrikai harcsa és a nílusi tilápia termelésére, szeléntartalmára és húsminőségére	94
5.5.1. A termelési paraméterekre vonatkozó eredmények.....	94
5.5.2. Az afrikai harcsa és nílusi tilápia filé kémiai összetétele	95
5.5.3. A filé zsírsav-profiljának alakulása a szójaolaj- és szelénkiegészítés hatására.....	96
5.5.4. A filé szeléntartalmának alakulása a szójaolaj- és szelénkiegészítés hatására.....	98
6. KÖVETKEZTETÉSEK.....	101
7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	105
8. ÖSSZEFOGLALÁS	107
8.1. A hal-, len- és szójaolaj kiegészítés hatása az afrikai harcsa (<i>Clarias gariepinus</i>) és a nílusi tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>) testösszetételére, továbbá az ivar és a különböző olajforrások együttes hatása a nílusi tilápia zsírsav-profiljára.....	107
8.2. A különböző mértékű szelénkiegészítések hatása az afrikai harcsa és a nílusi tilápia termelésére és filé szeléntartalmára.....	108
8.3. A szójaolaj- és szelénkiegészítés hatása az afrikai harcsa és a nílusi tilápia húsminőségére	109
9. SUMMARY	110
9.1. The effect of fish, soybean and linseed oil on the body compositions of the African catfish and Nile tilapia, furthermore the effect of sex and vegetable oils on the fatty acid composition of Nile tilapia	110
9.2. Influence of altering feed selenium levels on the fillet selenium content and production traits of the African catfish and Nile tilapia.....	111
9.3. Effect of soybean oil and selenium supplementation on the fillet quality of the African catfish and Nile tilapia	112
10. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS.....	113
11. IRODALOMJEGYZÉK	114
12. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBŐL MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK	136
13. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉN KÍVÜLI PUBLIKÁCIÓK.....	139
14. SZAKMAI ÖNÉLETRAJZ	142
15. MELLÉKLETEK	143

1. BEVEZETÉS

A világ népességének állati eredetű fehérje fogyasztását 16 %-ban a halhús fedezi, az iránta való kereslet pedig egyre nő. A tengerek túlhalászottsága miatt azonban a természetes vízi fogások mértéke stagnál, ami az akvakultúrás termelésre ösztönöz. Ez az elmúlt évtizedben a világ haltermelésének töretlen növekedését eredményezte, az akvakultúrából származó halmennyiség 2008-ra elérte az 52,5 millió tonnát. Az akvakultúra továbbra is a leggyorsabban növekvő élelmiszer-előállító szektor, mely az étkezési halmennyiség 45,6 %-át állítja elő (FAO, 2010). Az intenzív haltermelő gazdaságok nagymértékben függenek a tengeri fogásokból származó halolajtól és hallisztól. 2006-ban a halolajtermelés 88,5 %-át az akvakultúra szektor fogyasztotta el (Tacon és Metian, 2008). A tengeri halászatból származó fogások nem képesek kielégíteni ennek a gyorsan növekvő ágazatnak az igényeit, ezért a „halból-halat” koncepció egyre tarthatatlanabbá válik. A halolaj kiváltásának lehetőségét az alternatív olajforrások, például növényi olajok jelenthetik, így egyre több kutatás foglalkozik ezzel a kérdéskörrel.

Hazánkban az egy főre jutó éves halfogyasztás 4,2 kg, amely messze elmarad az Európai Unió átlagától (22 kg) (Failler, 2007). Általában elmondható, hogy a halhús fogyasztásának mértéke jól jelzi az adott ország korszerű táplálkozási színvonalát, ezért fontos népegészségügyi feladat lenne ennek a tápláléknak az arányát növelni. A halfogyasztás mértéke viszont évek óta alig változik, a fellendülést a termékválaszték bővítése, így például a halból készült funkcionális élelmiszerek előállítása is elősegítheti.

Napjainkban a magyar haltermelést elsősorban a tógazdasági ponty (*Cyprinus carpio*) előállítása jellemzi, az elmúlt években azonban

figyelemre méltóan nőtt az intenzív halnevelő üzemek termelése is. Étkezési hal kibocsátásuk 2010-ben az előző évi értékhez viszonyítva mintegy 8 %-kal növekedett. Az intenzív üzemek meghatározó halfaja az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*), amely hazánkban az összes étkezési haltermelés 8,9 %-át, az intenzív étkezési hal termelés 93 %-át adta 2010-ben (Jámborné és Bardócz, 2011). A nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus*) hazánkban ugyan nem tett ilyen nagy népszerűsége szert, viszont jelentőségét jelzi, hogy a világon az édesvízi akvakultúrákban a pontyfélék után a legnagyobb mennyiségben termelik (Turan és mtsai., 2007). A tilápia húsa az afrikai harcsáéhoz hasonlóan kitűnő ízű, porhanyós és könnyen filézhető.

Az utóbbi évtizedekben egyre nyilvánvalóbbá vált, hogy életstílusunk (pl. a táplálkozás, a stressz, a dohányzás, a testmozgás stb.) meghatározó jelentőségű egészségi állapotunk szempontjából, továbbá, hogy a táplálkozás kulcsszerepet játszik e tekintetben. Az egészséges ételmező összetevők fogalma Japánból érkezett a '70-es években, a funkcionális ételmező elnevezés pedig már 1984-ben megszületett (Harris, 2000). Az ételmezők illetően „arculatváltása” az ételmező tudomány egy új területének kialakulásához vezetett. Napjainkban a funkcionális ételmezők kiemelt figyelmet kapnak (Mazza, 1998; Reilly, 1998) és a világ ételmezőiparának egyik leggyorsabban növekvő szegmensét jelentik (Harris, 2000).

A korszerű táplálkozás egyik fontos eleme a halhús. A halgazdaságokban termelt hal zsírsav-összetétele állandóbb, mint a tengeri halaké és kevésbé függ a szezonális változásoktól (Cahu és mtsai., 2004), mivel a halfilé zsírsav-összetétele közvetlenül tükrözi a tápban használt olaj zsírsav-összetételét (Ng és mtsai., 2007). Ezt kihasználva a hal testzsír-összetétele módosítható, annak érdekében, hogy az emberi szervezet számára fontos eikozapentaénsavat (EPA) és dokozahexaénsavat (DHA)

nagyobb arányban tartalmazza. Ilyen módon a halfilé zsírsav-összetételének befolyásolásával funkcionális élelmiszert állíthatunk elő.

A különböző növényi és állati eredetű zsírokat tartalmazó tápok testösszetételre és növekedésre gyakorolt hatását már vizsgálták a Kaposvári Egyetemen fogassüllő (*Sander lucioperca*) és kőszüllő (*Sander volgensis*) fajban Molnár és mtsai. (2006). A szüllő esetében halolaj és lenolaj kiegészítést alkalmaztak, és azt tapasztalták, hogy egyik zsírforrás sem befolyásolta a növekedést és a takarmányértékesítést. A lenolajat tartalmazó táp csökkentette az összes telített zsírsav (SFA, saturated fatty acid) mennyiségét, és növelte az olajsav és az α -linolénsav (ALA) arányát a filében. A teljes PUFA (polyunsaturated fatty acid, többszörösen telítetlen zsírsav) arány azonban állandó maradt.

A Kárpát-medence a szelénrel kevésbé jól ellátott területek közé tartozik, ezért különösen fontos a táplálék szeléntartalmának növelése. Ezt célozta a '90-es években az ún. szelenokenyér bevezetése, és a Kaposvári Egyetemen folyt olyan kutatási projekt is, melynek célja a szelénrel dúsított étkezési tojás nagyüzemi szintű előállításának megalapozása volt (Sarudi és mtsai., 2006). A takarmányozáson keresztül, a hal szervezetébe szelént juttatva, szintén előállítható funkcionális élelmiszer. Mivel a hazai haltermelésben még kevésbé terjedtek el a minőségi, ezen belül a funkcionális élelmiszerek előállítását célzó eljárások, az erre irányuló kutatások úttörő jellegűek.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A halhús, mint funkcionális élelmiszer

Közismert, hogy a halhús egészséges, könnyen emészthető, ásványi anyagokban, vitaminokban és telítetlen zsírsavakban gazdag. Kedvező aminosav összetételének köszönhetően magas tápértékű, kiváló fehérjeforrás. A hal és haltermékek fogyasztása ajánlott módja a szív- és érrendszeri, valamint más betegségek megelőzésének (Cahu és mtsai., 2004; Mandel és mtsai., 2005). Azt is valószínűsítik, hogy megelőzi, vagy legalábbis késlelteti bizonyos rákbetegségek klinikai megnyilvánulását (Senzaki és mtsai., 2001; Sidhu, 2003). A halfogyasztás csökkenti a diabétesz kialakulásának kockázatát (Patel és mtsai., 2009). Noha a halhús bizonyítottan egészséges élelmiszer, tápértéke még tovább növelhető: a halgazdaságokban történő termelés kitűnő lehetőséget biztosít a funkcionális élelmiszerek előállítására, mivel a halhús összetételét befolyásoló tényezők többsége (pl. faj, ivar, ivarérettség foka, méret és takarmányozás stb.) a termelés során ellenőrzés alatt tartható.

A funkcionális élelmiszerek fogalmának meghatározása mind a mai napig nem egységes. A Wikipedia meghatározása szerint a funkcionális élelmiszerek olyan feldolgozott élelmiszerek, amelyek tápláló jellegük mellett élettanilag kedvező hatású komponenseket tartalmaznak: erősítik a szervezet védekező mechanizmusait, hozzájárulnak a betegségek kockázatának csökkentéséhez, javítják a fizikai állapotot és lassítják az öregedést. Szakály (2004) meghatározása szerint funkcionálisnak azokat az élelmiszereket és élelmiszer-összetevőket nevezzük, amelyek az azonos eredetű hagyományos élelmiszerekhez vagy élelmiszer-összetevőkhöz

képest 20-30 %-kal több biológiailag aktív anyagot tartalmaznak, ezáltal alkalmasak a különféle betegségek megelőzésére vagy kiegészítő kezelésére.

A funkcionális élelmiszerek tehát alapvetően két nagy csoportra oszthatók: azokra, amelyek az élettani működést javítják és azokra, melyek bizonyos megbetegedések kockázatát csökkentik (Fogliano és Vitaglione, 2005). Számos tanulmány bizonyította, hogy a funkcionális élelmiszerek rendszeresen fogyasztva, a változatos táplálkozás részeként hatékonyabbak az egészség megőrzésének és a betegségek megelőzésének elősegítésében, mint a hagyományos élelmiszerek (Shahidi, 2009; Mandel és mtsai., 2005). Az európai fogyasztók jól ismerik a táplálkozás és az egészség közötti összefüggéseket. Különösen a magasabban képzett emberek hisznek abban, hogy a tudatos táplálkozás és a rendszeres mozgás elősegíti a jó egészségi állapot fenntartását (Fogliano és Vitaglione, 2005). Másfelől bizonyos országokban a kormányzati szervek úgy tekintenek a funkcionális élelmiszerekre, mint az egészségüggyel kapcsolatos költségek csökkentésének lehetséges eszközére (Arai, 1996). Az ajánlott napi szelén és n-3 zsírsav mennyiség felvétele nagymértékben csökkenthetné az egészségügyre nehezedő nyomást, tekintve, hogy az összes megbetegedés mintegy egyharmada az életvitellel kapcsolatos (Holub, 2006), a megbetegedések száma pedig a fejlett és a fejlődő országokban egyaránt nő (Daar és mtsai., 2007).

Nem szabad azonban elfelejteni, hogy a funkcionális élelmiszerek elsősorban élelmiszerek, ezért az organoleptikus tulajdonságaik nem változhatnak meg a hagyományos termékekhez képest. A funkcionális élelmiszerek esetében fontos kérdés az is, hogy mekkora mennyiséget kell elfogyasztania a fogyasztónak az adott élelmiszerből ahhoz, hogy az aktív összetevője kifejthesse jótékony hatását. További megfontolásra érdemes

szempont, hogy a fogyasztók jobban elfogadják azokat a funkcionális élelmiszereket, amelyek általuk jól ismert összetevőt pl. vasat tartalmaznak, szemben a kevésbé ismertekkel, pl. az n-3-as zsírsavakkal (Menrad, 2003). Habár a funkcionális élelmiszerek elfogadtatása a világpiacon sok buktatót rejt magában (Fogliano és Vitaglione, 2005), a funkcionális élelmiszer és ital piac várhatóan így is eléri 2015-re a 130 milliárd \$ értéket (<http://www.reportlinker.com/ci02036/Functional-Food.html>).

2.1.1. A szelén szerepe a humán egészségben

A hús és a gabonafélék mellett a hal fontos szelénforrást jelent a humán táplálkozásban, főleg azokon a területeken, ahol a talaj szeléntartalma alacsony. A szelén jól hozzáférhető az ember számára a halhúsból. A szelén felszívódása és retenciója 88 %, illetve 85 %, még főzést, vagy tárolást követően is (Fox és mtsai., 2004).

A szelén esszenciális nyomelem (Reilly, 1998; Rayman, 2000), amely egyaránt alkot szervetlen vegyületeket, például szeleniteket és szelenátokat, és szerves vegyületeket. A szelén fontos szelenofehérjék alkotórésze, amelyek közül néhánynak nagyon fontos enzimatis működése van. Ezek az enzimek tehát szelén-függőek, minthogy az aktív centrumukban általában szelenocisztein található (Sunde, 1997). A szelén jelentőségét 1973-ban ismerték fel, amikor felfedezték, hogy a glutation-peroxidáz (GPx) alkotója (Rotruck és mtsai., 1973). A GPx az antioxidáns rendszer részét képezi más enzimekkel, például a szuperoxid-dizmutázzal, katalázzal, glutation-transzferázzal, fémkötő fehérjékkel és antioxidáns vitaminokkal együtt. A citoszolban és a mitokondriális mátrixban az általa katalizált reakciókban a lipid- és hidrogén-peroxidok vízzé redukálódnak, redukált glutation felhasználásával, ezáltal védve a sejtmembránt az oxidatív

károsodástól (Dong, 2000). A szelén más szelenofehérjének is alkotórésze, például az I típusú jodotironin-5'-dejodináznak, amely a kóros hormonháztartás megelőzésében működik közre (Foster és Sumar, 1997). A szelénhiány az emberben súlyos megbetegedéseket okozhat, a legismertebbek közülük a szívizom-bántalmakat okozó Keshan-kór és a krónikus ízületi gyulladást és csontosodási zavarokat okozó Kaschin-Beck kór. A szelén segít a szív- és érrendszeri megbetegedések megelőzésében (Kok és mtsai., 1989), valamint az immunrendszer és a pajzsmirigy működésében is szerepet játszik. Elengedhetetlen az utódnemzés szempontjából is, csökkenti a vetélés kockázatát és szükséges a spermiumok mozgásához (Rayman, 2000). A szelén kulcsfontosságú a HIV vírus virulenciájának mérséklésében, és gátolja az AIDS kialakulását (Baum és mtsai., 1997). Számos tanulmány bizonyította, hogy a napi szükségletet meghaladó szelénfelvétel rákellenes hatású (Ip, 1998; Rayman, 2005), ennek ellenére Európa számos országában a napi szelénfelvétel csökken, és még a javasolt napi mennyiséget sem éri el (Reilly, 1998; Rayman, 2005). Míg az átlagos napi szelénfelvétel Európa szerte 100 µg körül alakul, addig a javasolt mennyiség 150 µg/nap (Schram és mtsai., 2010). Korábbi ajánlások ennél kisebb mennyiséget javasoltak, az amerikai Food and Nutrition Board, National Academy (2000) 55 µg, az egyesült királysági Department of Health (1991) pedig 75 ill. 60 µg (férfiak ill. nők) szelén felvételét tartották szükségesnek naponta. Az ajánlott napi szelén mennyiséget a maximális vérplazma GPx aktivitás alapján határozzák meg, amely a plazma 89-114 µg/L közötti szeléntartalmánál következik be (Thomson és mtsai., 1993). Rayman (2000) áttekintő cikkében valószínűsíti, hogy az 55 µg-os napi szelénfelvétel nem elégséges a betegségek megelőzéséhez, azaz a maximális GPx aktivitás ellenére előfordulhat, hogy a felvett szelén mennyisége nem elegendő az optimális immunválasz

eléréséhez és a rákellenes hatás kifejtéséhez. Ugyanakkor felveti, hogy más szerzők szerint a maximális GPx aktivitás elérése sem szükséges. A FAO ajánlása (2001) még a fentebbieknél is alacsonyabb, 25-34 µg/nap szelén felvételét javasolja. Betegség, vagy szelénhiányban szenvedő egyének esetében a szelénszükséglet elérheti a 400 µg/nap mennyiséget is.

Bár szelénmérgezés bekövetkezhet az embernél is, ez Kína bizonyos területeit leszámítva - ahol a talaj nagy mennyiségben tartalmaz szelént, és a növények felhalmozzák azt - viszonylag ritkán fordul elő. Az ember számára 750-900 µg szelén felvétele már mérgező lehet, a biztonságosan felvehető maximális mennyiség 400-450 µg/nap (Department of Health, 1991; FAO, 2001).

A humán szelénszükségletre irányuló kutatások alapján valószínűsíthető, hogy az nagyobb, ha korábban a szelén felvétel magas volt, és hogy az alacsonyabb mennyiséghez való alkalmazkodás időt igényel (Stewart és mtsai., 1978).

2.1.2. A szeléntartalmú funkcionális halhús előállításának lehetőségei

A fentebb leírt jótékony hatások és az alábbi irodalmi adatok alapján a szelén megfelelő jelöltje lehet a halhúsból történő funkcionális élelmiszer előállításnak.

Lorentzen és mtsai. (1994) vizsgálatai alapján a szelenometionin kiegészítésű táppal takarmányozott nemes lazac (*Salmo salar*) az azt rendszeresen fogyasztó emberek körében növelheti a szelénfelvétel mértékét. Ugyanakkor ez szelenit kiegészítéssel nem megvalósítható, mivel az 1-2 mg/kg-os kiegészítés nem növeli a nemes lazac filéjének szeléntartalmát. Ez ellentétben áll a Gatlin és Wilson (1984) által kapott eredményekkel, akik azt tapasztalták, hogy a csatornaharcsa (*Ictalurus*

punctatus) filéjének szelénkoncentrációja lineárisan emelkedett a szelenit kiegészítés hatására. Ez az ellentmondás talán a halfajok eltérő szelén anyagcseréjének köszönhető. Poppe és mtsai. (1985) vizsgálatai alapján a vadon élő nemes lazac mája és filéje nagyobb szeléntartalommal bír, mint a gazdaságokban termeltéké. Hasonló megfigyelést tettek Felton és mtsai. (1996) egy másik lazacfélénél, az *Oncorhynchus kisutch*-nál. A szerzők ezért a farmokon termelt állományok takarmányát nátrium-szelenittel egészítették ki annak érdekében, hogy azok szelénszintje elérje vadonélő társaikét. Ezt a takarmány 8,6 µg/g szelénkiegészítésével sikerült elérni.

Schram és mtsai. (2008) sikeresen állítottak elő szelénnel dúsított, funkcionális élelmiszert afrikai harcsából. A szelén forrása szelénvel dúsított, porított fokhagyma volt. A legnagyobb filé szeléntartalmat (0,87 mg/kg) a 8,5 mg/kg szeléntartalmú takarmány etetése eredményezte. A filében található leggyakoribb szelénvegyület a szelenometionin volt. A szelén retenciója minden kezelés esetében 6,3 és 7,7 % között alakult. A szelénkiegészítéses takarmányt fogyasztó csoportok jobb növekedést és takarmányértékesítést értek el a kontroll csoporthoz képest. A szerzők a szelénvel dúsított takarmány etetését befejező tápként javasolják.

Cotter és mtsai. (2008) vizsgálataik során szelénvel dúsított takarmányt etettek hibrid csíkos sügérrel (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) funkcionális élelmiszer előállításának céljából. A legnagyobb filé szeléntartalmat (1,09 mg/kg) a 3,2 mg/kg szelénkiegészítésű (SelPlex) csoportnál érték el. A 100 grammos csíkos sügér filé szeléntartalma 33-109 µg között változott a szelénkiegészítés mennyiségétől függően, amely - figyelembe véve, hogy a szelén retenciója az emberben 85% körül alakul (Fox és mtsai., 2004) - 25-80 µg biológiailag hozzáférhető szelénmennyiséget jelent humán szempontból.

Schram és mtsai. (2010) afrikai harcsával folytatott kísérleteik során a szelénkiegészítés hossza és a filé szeléntartalma közötti összefüggést vizsgálták. A takarmány 11,7 mg/kg-os szeléntartalma már egy viszonylag rövid, a vágást megelőző 10 napos időszak alatt 0,7 mg/kg-os filé szeléntartalmat eredményezett. A filé szeléntartalma a szelénkiegészítés hosszával arányosan, szignifikánsan nőtt, azonban a szelén retenciója a 6. nap után csökkenni kezdett. A kiegészített takarmányt fogyasztó afrikai harcsák szelén retenciója nagyobb volt a kontroll csoportokéhoz képest, amely azzal magyarázható, hogy a szelenometionin helyettesítheti a metionint a fehérjeszintézis során (Schram és mtsai., 2010).

Mivel a szelén forrása szelénnel dúsított, porított fokhagyma volt, vizsgálták a filé érzékszervi tulajdonságait és a szelén kiürülési idejét is. A 7 napos kiürülési időszak alatt a filé szeléntartalma nem változott, viszont a nyers és főtt filé fokhagymaszaga és -íze már a 2. nap után szignifikánsan csökkent, a 3. nap után, pedig alig volt észrevehető. A szelénkiegészítést tartalmazó befejező tápokkal tehát lehetségesnek bizonyult a szelénvel dúsított afrikai harcsa filé előállítása.

Mierke-Klemeyer és mtsai. (2008) azt vizsgálták, hogy különböző konyhatechnikai eljárások hogyan befolyásolják a szelénvel dúsított afrikai harcsa filé összetételét. A nyers filé 0,92 mg/kg szelént tartalmazott. A szelén megtartása sütés során 91 %-os, forralás során 97 %-os, forró olajban történő sütés során pedig 104 %-os volt. Összességében megállapították, hogy a filé elkészítése során nem nagymértékű a szelénveszteség. Ez egybeesik Higgs (1972) valamint Ip és mtsai. (2005) eredményeivel, akik azt tapasztalták, hogy a lepényhal, illetve a tonhal filéjének szeléntartalma sütés, illetve főzés hatására alig változott. Martins és mtsai. (2011) különböző, Portugáliában gyakran fogyasztott tengeri halfajok szeléntartalmát és a konyhatechnikai eljárások szeléntartalomra gyakorolt

hatását vizsgálva megállapították, hogy a nyers és az elkészített (főzött, grillezett, vagy olajban sütött) minták szeléntartalma nem különbözött szignifikánsan. A feldolgozott filék szeléntartalma ugyanakkor minden esetben nagyobb volt, mint a nyers mintáké. A nyers minták szeléntartalma 0,35 mg/kg és 1,24 mg/kg között változott.

2.1.3. Az esszenciális zsírsavak szerepe a humán egészségben

Az olajos halak fogyasztása csökkenti a szív- és érrendszeri megbetegedések kockázatát (Marik és Varon, 2009). Azok körében, akik hetente legalább egyszer fogyasztottak halat a szívkoszorúér-megbetegedés okozta elhalálozás kockázata 15 %-kal alacsonyabb volt a halat nem fogyasztó egyénekhez képest (He és mtsai., 2004a). A stroke és a halfogyasztás között szintén fordított összefüggést találtak He és mtsai. (2004b). Már a mérsékelt (heti egy-kétszeri) halfogyasztás - főleg az ember számára esszenciális EPA-ban és DHA-ban gazdag halak fogyasztása - is 36 %-kal csökkenti a szívkoszorúér-megbetegedés okozta elhalálozás kockázatát és 17 %-kal a teljes mortalitást (Mozaffarian és Rimm, 2006). Napi 250 mg EPA és DHA felvétele már elegendő a megfelelő védelemhez (Mozaffarian és Rimm, 2006), de az American Heart Association napi 400-500 mg EPA és DHA felvételét javasolja, amely heti kétszeri, lehetőleg olajos hal fogyasztásával, vagy étrend-kiegészítőkkel érhető el (Lichtenstein és mtsai., 2006). A megnövekedett EPA és DHA felvétel számos betegség megelőzésével és/vagy tünetenyhítő hatásával van összefüggésben, így például a gyulladásoz (James és Cleland, 1997), daganatos (Spencer és mtsai., 2009) és pszichés (Appleton és mtsai, 2010) megbetegedések esetében. Az EPA és DHA hozzáférhetőségét a forrása és kémiai jellege (triacilgricerol (TAG) vagy etil-észter) feltehetően nem befolyásolja

(Neubronner és mtsai., 2010). A DHA nagy mennyiségben van jelen az agyban, a retinában és a szívizomban, ezért különösen fontos az agy és a látás fejlődése során.

Irodalmi adatok alapján az édesvízi halak n-3/n-6 zsírsav aránya 1 és 4 között változik (Steffens, 1997). A globalizáció, az új étkezési szokások, a növényi olajok fokozott használata miatt az n-6-os zsírsavakat nagyobb mennyiségben vesszük fel, mint korábban, mely az n-3/n-6 arány nemkívánatos csökkenéséhez vezet (Aguiar és mtsai., 2011). A halhús fogyasztás nagyon előnyös a kiegyensúlyozott táplálkozás szempontjából, mivel a halhús szinte egyedülálló n-3 PUFA forrás, szemben a többi táplálékfeleséggel, melyek nagyobb mennyiségben tartalmaznak n-6-os zsírsavakat.

A szívkoszorúér-betegség kialakulása hét táplálkozási tényezővel hozható összefüggésbe. Ezek közül a koleszterol szintet emelő SFA-k és a trombogenikus SFA-k elősegítik, míg az n-6 PUFA és n-3 PUFA sorozat zsírsavai, a MUFA-k (monounsaturated fatty acid, egyszeresen telítetlen zsírsav), az élelmirostok és az antioxidánsok gátolják azt. Ulbricht és Southgate (1991) a különböző élelmiszerek és táplálkozási módok összehasonlíthatóságának érdekében az aterogén és trombogenikus indexek használatának bevezetését javasolták, amelyek a fentebb felsoroltak közül az első öt tényező együttes hatását veszik számba. Például a makréla fogyasztása (IA=0,28) csökkenti, míg a tejtermékek fogyasztása (IA=2,03) növeli a táplálékunk aterogenitását. A halhús a legantitrombogenikusabb (IT=0,16) táplálék, szemben a kókuszolajjal (IT=6,18).

2.1.4. Az afrikai harcsa és nilusi tilápia filé, mint lehetséges funkcionális élelmiszer

A takarmánynak jelentős hatása van a halhús kémiai összetételére, különösen a zsírsav-profilra, ezáltal a takarmányozáson keresztül befolyásolni lehet azt (Henderson és Tocher, 1987). Waagbo és mtsai. (1993) n-3 PUFA kiegészítéssel növelni tudták a nemes lazac filéjének n-3 PUFA tartalmát, azaz az édesvízi fajok a tengeri fajokhoz hasonlóan jó esszenciális zsírsavforrást (EFA) jelenthetnek. Afrikai harcsa esetében Molnár (2011) a különböző olajkiegészítések zsírsav-profil alakulására gyakorolt hatását vizsgálta. Munkájában arra kereste a választ, hogy az afrikai harcsa nevelése során milyen mértékben növelhető húsának n-3 zsírsavtartalma a különböző olajkiegészítésű tápok etetésének hatására. A nilusi tilápia esetében több tanulmány is foglalkozott a takarmányozás filé-összetételre gyakorolt hatásával.

Chauke és mtsai. (2008) a ponty, az afrikai harcsa és a nilusi tilápia zsírsav-profilját összehasonlítva azt tapasztalták, hogy a humán táplálkozás szempontjából a tilápia fogyasztása a legkedvezőbb, annak magas EPA és DHA tartalma okán, de mindhárom faj jó minőségű táplálékot jelent a kedvező n-3/n-6 aránynak és nagy PUFA tartalomnak köszönhetően. A három fajt összehasonlítva a legtöbb n-3 zsírsavat a tilápia (13,88 %), a legkevesebbet pedig az afrikai harcsa filé (11,34 %) tartalmazta.

Az afrikai harcsa filé ennek ellenére jelentős mennyiségű EPA-t és DHA-t tartalmaz. A vadon élő afrikai harcsa 1,69 % EPA, és 2,11 % DHA, míg a dél-afrikai gazdaságokban termelt afrikai harcsa 2,13 % EPA és 5,72 % DHA tartalommal bír átlagosan (Chauke és mtsai. 2008). A gazdaságokból származó halaknak nagyobb ALA és kisebb linolsav (LA) tartalma volt a vadon élő társaikhoz képest. Összességében tehát a

halgazdaságokban termelt halak kedvezőbb zsírsav-profillal rendelkeztek, mint a természetes környezetből származóak.

Mierke-Klemeyer és mtsai. (2008) azt vizsgálták, hogy a különböző konyhatechnikai eljárások hogyan befolyásolják a szelénnel dúsított afrikai harcsa filé zsírsav-profilját. A zsírsav-összetétel hasonlóan alakult a főzött és sütött minták esetében, de szignifikánsan eltért a forró olajban elkészített mintákban a telített növényi sütóolajok felszívódásának köszönhetően. Ennek következtében a forró olajban elkészített filé nagyobb mennyiségben tartalmazott SFA-kat és n-6-os PUFA-kat - főleg LA-t -, ahogyan azt már tonhálnál és lazacnál is megfigyelték (Sioen és mtsai., 2006). Főzés esetében nagyobb mértékű zsírsav-veszteség következett be - feltehetően a lipidek könnyebb kimosódása miatt -, mint sütés esetén. Az EPA és DHA retenciója szempontjából legkedvezőbb elkészítési mód a sütés, ahol mindkét zsírsav retenciója 80 % feletti, szemben a főzéssel (54 %) és a forró olajban sütéssel (65 %). Az afrikai harcsa 21 napos jégen tárolása, illetve hideg és meleg füstölése nem befolyásolta annak szeléntartalmát és zsírsav-profilját (Larsen és mtsai., 2010 a, b).

Visentainer és mtsai. (2005) a nílusi tilápia takarmányát a kontrollként használt napraforgóolaj helyett növekvő mennyiségű lenolajjal egészítették ki, mely az ember számára esszenciális ALA, EPA és DHA filébeli arányának növekedését eredményezte a takarmánybeli mennyiségnek megfelelően. A legnagyobb ALA, EPA és DHA mennyiséget az 5 %-os lenolaj kiegészítésű csoportban érték el.

A kiegészítés hossza is jelentős hatással van a zsírsav-profilra. A legnagyobb n-3 PUFA tartalmat a 30 napos lenolaj kiegészítésben részesülő tilápiák érték el, melynek jelentős részét az ALA adta (Justi és mtsai., 2003). A lenolaj kiegészítésű takarmánnyal etetett nílusi tilápia filéjében a leggyakoribb zsírsavak a következők voltak: palmitinsav (C16:0),

sztearinsav (C18:0), olajsav (C18:1n-9), LA (C18:2n-6), és ALA (C18:3n-3). A lenolajos kiegészítésű csoportban a MUFA, és n-6 zsírsavak aránya, valamint az n-6/n-3 arány szignifikánsan csökkent, míg az n-3 zsírsav és DHA tartalom szignifikánsan nőtt. Az EPA mennyisége a filében változatlan maradt. Esetükben a 30 napos lenolaj kiegészítéssel sikerült a humán táplálkozás szempontjából kedvező, n-6/n-3 (4,34) arányt elérni.

A piaci méretű tilápia 45 napos etetése 7 % lenolajat tartalmazó takarmányokkal nagy fehérje (164 g/kg), lipid (94 g/kg), és hamu tartalmat eredményezett (18 g/kg) (Tonial és mtsai., 2009). Az n-6 zsírsav tartalom szignifikánsan csökkent, az n-3 zsírsav tartalom pedig nőtt, amely jobb n-6/n-3 arányt (1,1) eredményezett, amely a humán táplálkozás szempontjából rendkívül kedvező. Az n-3 zsírsav tartalom főleg ALA-ból (6,3 %), hosszúláncú PUFA-kból (3,5 %) és DHA-ból állt (1,2 %).

2.2. A vizsgált fajok rendszertani besorolása, elterjedése, táplálkozási sajátossága, gazdasági jelentősége

2.2.1. Az afrikai harcsa jellemzése

2.2.1.1. Az afrikai harcsa rendszertani besorolása

Ország: **Állatok** (*Animalia*),

Törzs: **Gerinchúrosok** (*Chordata*),

Altörzs: **Gerincesek** (*Vertebrata*),

Főosztály: **Állkapcsosak** (*Gnathstomata*)

Osztály: **Sugaras úszójúak** (*Actinopterygii*)

Rend: **Harcsaalakúak** (*Siluriformes*),

Család: **Zacskósharcsafélék** (*Clariidae*),

Nem: *Clarias*,

Faj: **Afrikai harcsa** (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) (1. kép).



1. kép Az afrikai harcsa (Fotó: Sallai Zoltán)

2.2.1.2. A faj elterjedése, környezeti igénye, táplálkozása

Afrika egész területén, Kis-Ázsiában, valamint Törökország déli részén őshonos. Jól alkalmazkodott a szélsőséges éghajlati körülményekhez, így a nagy hőmérséklethez és a hosszú, száraz periódusokhoz (Horváth és Urbányi, 2000). Az afrikai harcsa melegigényes faj, legjobban a 25–33 °C-os hőmérsékletű vizet kedveli, de rövid ideig azt is elviseli, ha a víz 12–18 °C-osra hűl le (Péteri és mtsai., 1989). Hazánkban természetes körülmények között nem tel el, 10–12 °C-os hőmérsékleten néhány napon belül elpusztul, immunrendszerének összeomlása következtében (Radics és mtsai., 1994). A vízminőséggel szemben rendkívül toleráns, jól viseli az alacsony oxigénszintet, a magas szabad ammónia (0,5 mg/l) és kénhidrogén (1–2 mg/l) koncentrációt (Péteri és mtsai., 1989). A faj táplálékspektruma

igen széles. Jól nevelhető granulált takarmánnyal. A táplálékot az egész víztérben keresi.

2.2.1.3. Az afrikai harcsa megjelenése és specifikus tulajdonságai

Teste megnyúlt, hengeres, feje felülről lapított. Bőre csupasz, pikkelytelen, erősen nyálkás. Több színváltozata létezik, lehet márványos, világos-, vagy sötétszürke. Mindhárom színváltozatra jellemző, hogy a hát sötétebb, az oldalak világosabb árnyalatúak, a hasi rész fehér, vagy piszkosfehér (Péteri és mtsai., 1989; Pintér és Pócsi, 2002). Sajátossága egyedülálló kiegészítő légzőszerve, melynek faágszerűen elágazó porcos váza a 2-4. kopoltyúívhöz kapcsolódik. Az úgynevezett kopoltyúfát ereken gazdag légzőhám borítja, mely a halat légköri oxigén felvételére teszi alkalmassá (Horváth és Urbányi, 2000; Pintér és Pócsi, 2002). Rendkívül gyorsan és nagyra növő halfaj. A hímek növekedése gyorsabb ütemű (Radics és mtsai., 1995). A faj ivari dimorfizmusa kifejezett. Az állomány mozgatása, új egyedek behelyezése kiváltja az agresszivitást, az ilyenkor szerzett sérülések gyakran tömeges pusztuláshoz vezetnek.

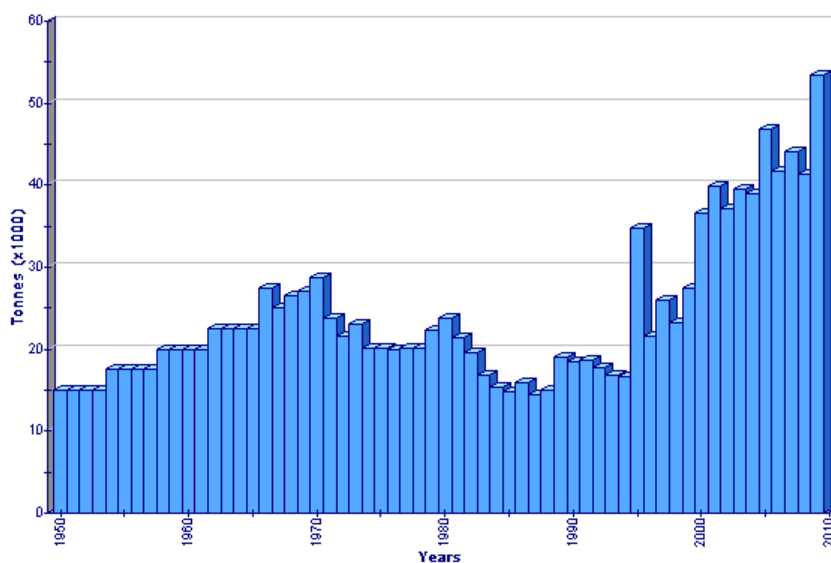
2.2.1.4. Az afrikai harcsa jelentősége

Az afrikai harcsa húsa szálkátlan, kitűnő ízű, könnyen elkészíthető és olcsó, ezért az utóbbi években hazánkban is egyre népszerűbbé válik (Horváth és Urbányi, 2000). Igen jól viseli az intenzív tartási körülményeket. Kettős légzése révén a víz alacsony oldott oxigéntartalmával szemben toleráns, ammóniatűrőse nagy, ezért magas népesítési sűrűségben (200-400 kg/m³) is nevelhető (Radics, 1994). Közismerten könnyen szaporítható (Horváth és Urbányi, 2000), és a

betegségekkel szemben rendkívül ellenálló (Csaba és mtsai., 2004). A piaci méretet gyorsan eléri. A hazai termelés kialakulásában nagy szerepe volt annak a felismerésnek, hogy geotermikus vízkészletünk egy része közvetlenül alkalmas az afrikai harcsa tenyésztésére (Radics és mtsai., 1994).

2.2.1.5. A világ afrikai harcsa termelése

A '90-es évek közepétől a fogás ugrásszerű növekedése figyelhető meg, a '90-es évek elejéhez képest megduplázódott a lehalászott mennyiség. A világ teljes fogás mennyisége 2009-ben 53333 tonna volt (FAO, 2011) (1. ábra).



1. ábra A világ afrikai harcsa halászata

(forrás: FAO - Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service)

A fajt a '80-as évek közepén vezették be az intenzív rendszerekben. A világ akvakultúrák termelése 2009-ben 85593 tonna volt (FAO, 2011), hazánk ennek 2 %-át adta.

2.2.1.6. Afrikai harcsa termelés Magyarországon

Az elmúlt évtizedben figyelemre méltóan nőtt az intenzív halnevelő üzemek termelése, amelyek 2010-ben az összes étkezési haltermelés 9,6 %-át adták. Az intenzív üzemek meghatározó halfaja az afrikai harcsa, amely hazánkban az összes étkezési haltermelés 8,9 %-át, az intenzív étkezési haltermelés 93 %-át adta 2010-ben (Jámborné és Bardócz, 2011). Ez összesen 1810 t étkezési afrikai harcsát jelentett.

Kezdetben a harcsák 80 %-át külföldön, 20 %-át belföldön értékesítették. Később sikerült megfordítani ezt az arányt, és a hazai piacon is elfogadottá tenni a fajt. Ebben nagy szerepet játszott a feldolgozott termékek megjelenése (Kripner, 2009). Az afrikai harcsa elsősorban a nagyáruházakon keresztül jut el a fogyasztókhoz (Radics és Müller, 2005). Kapható egész és nyúzott törzs, valamint bőrös filé és nyúzott filé, stb. A termékek közvetlen friss fogyasztásra, vagy tartósítást követően kerülnek a piacra. A tartósítás mélyhűtéssel és füstöléssel történik (Kovács és mtsai., 1994).

Az étkezési hal előállítás mellett, nagy szerepe van a horgászati célú értékesítésnek. Ez a ragadozó hal sokoldalú sportélményt nyújt, ezért szívesen népesítik vele a horgásztavakat.

2.2.1.7. Az afrikai harcsa intenzív nevelési technológiája

Áruhal előállítás

Magyarországon a piaci méretű afrikai harcsa termelés elsősorban a geotermikus vízkészlet felhasználásán alapul. Hazánkban a telepek átfolyóvizes rendszerűek. Az afrikai harcsa recirkulációs rendszerekben is kiválóan termel. A legtöbb farm kereskedelmi forgalomban kapható, magas fehérjetartalmú (45 %) afrikai harcsa tápot etet. A halak 1,0-1,5 kg/kg takarmány-együttható mellett 8-10 hónap alatt érik el az 500-700 g-os méretet (Radics és mtsai., 1994). Az értékesítésre, illetve feldolgozásra kerülő halat mérettől függően 5-12 hónapig tartják. A piaci méret 300-tól 3500 g/db átlagtömegig terjed (www.szarvas-fish.aranyoldalak.hu).

2.2.2. A nilusi tilápia jellemzése

2.2.2.1. A nilusi tilápia rendszertani besorolása

Ország: **Állatok** (*Animalia*),

Törzs: **Gerinchúrosok** (*Chordata*),

Altörzs: **Gerincesek** (*Vertebrata*),

Főosztály: **Állkapcsosak** (*Gnathstomata*)

Osztály: **Sugaras úszójúak** (*Actinopterygii*)

Rend: **Sügéralakúak** (*Perciformes*)

Család: **Bölcsőszájúhal-félék** (*Cichlidae*)

Nem: *Oreochromis*

Faj: **Nilusi tilápia** (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) (2. kép)

(Harka és Sallai, 2004a)



2. kép A nílusi tilápia (Fotó: Sallai Zoltán)

2.2.2.2. A faj elterjedése, környezeti igénye, táplálkozása

Trópusi eredetű faj, Észak- és Közép-Afrika folyóinak vízrendszerében őshonos (Harka és Sallai, 2004b). Melegigényes faj, minimum 16-18 °C-os vizet igényel (Veszprémi, 1958), de legjobban 24-32 °C-on érzi magát (Muir és mtsai., 2000). A hideget nem tolerálja, 9-13 °C alatt elpusztul, ezért hazánkban természetes körülmények között nem telel át (Péteri, 1987). A víz minőségére, oxigéntartalmára kevésbé érzékeny (Ross, 2000), rövid ideig akár a 0,1 mg/l O₂ koncentrációt is elviseli, ha a víz felszínére tud emelkedni (Péteri, 1987). A kifejlett nílusi tilápiák mindenevők (Harka és Sallai, 2004b). Tápon is kitűnően nevelhető.

2.2.2.3. A nílusi tilápia megjelenése és specifikus tulajdonságai

Teste magas, oldalról erősen lapított. Testszíne ezüstös szürke, vagy olajzöld, amit sötétebb harántsávok díszítenek, a hasa piszkosfehér (Harka és Sallai, 2004b). A faj sajátossága, hogy megtermékenyítés után a nőtény az ikrát a szájába gyűjti, majd a kikelésig és a szik felszívódásáig a szájában őrzi azokat. A kikelt lárvák az ikrással 5-7 napig együtt maradnak, s veszély esetén az anyjuk szájában találhatnak menedéket (Péteri, 1987; Harka és Sallai, 2004b). A faj ivari dimorfizmusa kifejezett, a hímek lényegesen nagyobbra nőnek, mint a nőtények (Turner és Robinson, 2000).

2.2.2.4. A nílusi tilápia jelentősége

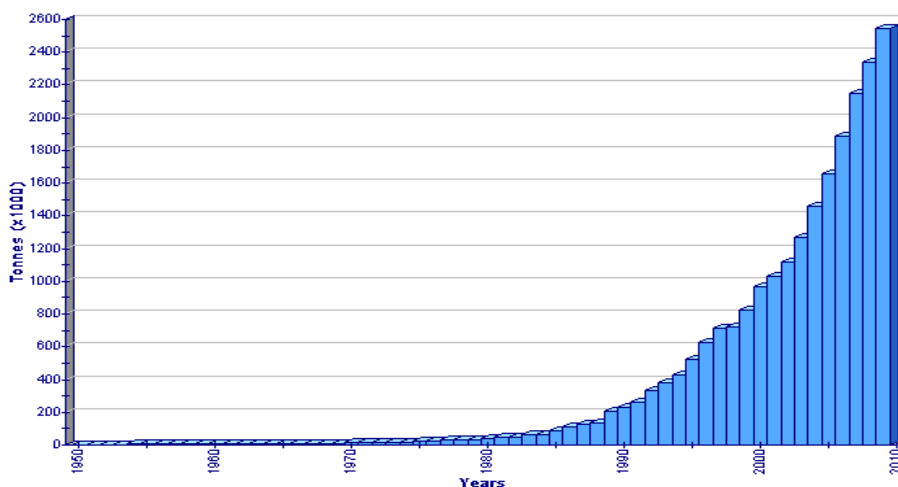
A pontyfélék után a legfontosabb akvakultúrában termelt halcsoportot a tilápiafélék jelentik (Rakocy, 2005). Sikerüket és széleskörű elterjedtségüket nagyrészt jó ellenálló- és alkalmazkodóképességüknek köszönhetik. Jól viselik az intenzív tartási körülményeket, az alacsony oldott oxigénszintet és a kezelés okozta stresszt jól tolerálják (Ross, 2000), könnyen szaporíthatóak, a betegségekkel szemben ellenállóak (Rakocy, 2005). Növekedésük gyors (Woynárovich, 1988). Húsa jó minőségű, mindössze néhány gyenge, vékony szálla van benne (Veszprémi, 1958). A fogyasztók véleménye szerint nincs „kellemetlen” halíze (Békefi, 2003). A nílusi tilápia az USA-ban különösen kedvelt, alacsony ára, egész éves elérhetősége, kitűnő íze és változatos elkészíthetősége okán (Rakocy, 2005). Egyes termálvizes telepeken nevelésével is foglalkoznak. A bevásárlóközpontok időnként kék sügér néven kínálják.

2.2.2.5. A világ nilusi tilápia termelése

A faj a '60-as és a '80-as évek között terjedt el a világon. A hormonális ivaratfordítás technikájának fejlődésével lehetővé vált az egyöntetű piaci méretű, jobb növekedésű monoszex hím állományok kialakítása, amely a takarmányozási kutatásokkal és a termelőrendszerek fejlesztésével együtt megadta a végső lökést a faj világméretű elterjedéséhez (Rakocy, 2005).

A '90-es évek elejétől a nilusi tilápia fogás ugrásszerű növekedése figyelhető meg, a '80-as évek közepéhez képest több mint a hatszorosára nőtt a lehalászott mennyiség. A világ teljes fogás mennyisége 2009-ben 254 238 tonna volt (FAO, 2011).

A világ nilusi tilápia termelése 2009-ben 2542960 tonna volt, ami 3,8 millárd \$-t képviselt (FAO, 2011) (2. ábra)



2. ábra A világ nilusi tilápia termelése akvakultúrás rendszerekben
(forrás: FAO - Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service)

A nílusi tilápiát a fejlett ipari országokban ritkán forgalmazzák élve, többnyire mélyfagyasztott, vagy friss filé formájában árusítják. Az európaiak még csak most ismerkednek a tilápiával, de kontinensünk nagy piaci lehetőségeket rejt magában e faj számára.

2.2.2.6. A nílusi tilápia intenzív nevelési technológiája

Ivadéknevelés és áruhal előállítás

A hím egyedek jobb növekedése miatt a tenyésztők monoszex hímállományok kialakításra törekednek. A vegyes ivarú állományokban nagyarányú a szétnövés, amely hátrányosan befolyásolja az értékesítést. Az ikrások jelenléte szaporodáshoz, az ivadékok tömeges megjelenéséhez és az eredeti állomány visszamaradásához vezet, amely nem biztos, hogy eléri a piaci méretet. A hímivarú állomány a vízhőmérséklettől függően 5-8 hónap alatt éri el a 400-500 g-os piaci méretet (Rakocy, 2005). A már létező európai piacokon a 350 g-os méret a keresett (Young és Muir, 2000). Magyarországon a kis piaci szükségletet kielégítő nílusi tilápia termelés elsősorban a geotermikus vízkészlet felhasználásán alapul (Szathmári és mtsai., 2004). A legtöbb gazdaság kereskedelmi forgalomban kapható, magas (35 %) fehérjetartalmú tilápiatápot etet.

2.3. A szelén szerepe a haltakarmányozásban

2.3.1. A halak szelénszükséglete

Ezidáig csupán néhány halfaj pontosabb szelénszükségletét határozták meg, köztük a szivárványos pisztrángét (*Salmo gairdneri*)

(Hilton és mtsai., 1980; Rider és mtsai., 2009; Hunt és mtsai., 2011), a csatornaharcsáét (Gatlin és Wilson, 1984; Wang és Lovell, 1997) a fűrészkes sűgérét (*Epinephelus malabaricus*) (Lin és Shiau, 2005), a hibrid csikos sűgérét (Cotter és mtsai., 2008) és a sűgéalakúak közé tartozó *Rachycentron canadum*-ét (Liu és mtsai., 2010). A GPx mérését gyakran használják a szelén ellátottság becslésére, bár Behne és Wolters (1983) patkánnyal folytatott vizsgálatai alapján feltételezhető, hogy a szervezet szeléntartalmának csak minimális része van jelen a GPx-ben, ezért nem szűksűgszerűen van közvetlen kapcsolat a GPx aktivitás és szelén szűksűglet között.

Szivárványos pisztrángnál a vérplazma GPx aktivitása a takarmány 0,15 és 0,38 mg/kg közötti szeléntartalmánál volt a legnagyobb. A takarmányok szelénkiegészítése nátrium-szelenit formájában történt (Hilton és mtsai., 1980). A máj és a vese szeléntartalma a takarmány szeléntartalmát tükrözte, akárcsak a fűrészkes sűgérnél és hibrid csikos sűgérnél (Lin és Shiau, 2005; Cotter és mtsai., 2008). A takarmány 0,35 mg/kg-nál nagyobb szelénkoncentrációja felett a máj szeléntartalma lényegesen nagyobbnek bizonyult a veséénél, tehát feltehetően a máj a szivárványos pisztráng szelénraktározó szerve. Négy kereskedelmi forgalomban kapható pisztrángtáp szeléntartalmát vizsgálva megállapították, hogy azok szeléntartalma átlagosan $0,94 \pm 0,38$ mg/kg (Hilton és mtsai., 1980). A szeléntartalom nagyobb része a hallisztból származik, mely jelentős mennyiségű szelént tartalmaz (Arthur, 1971). Tehát, amíg a pisztrángtápok jelentős mennyiségben tartalmaznak hallisztet, valószínű, hogy kielégítik a faj élettani szűksűgletét jelentő 0,15 - 0,38 mg/kg-os szintet.

Hasonló eredményre jutottak Rider és mtsai. (2009) a szivárványos pisztráng májának GPx aktivitását stresszmentes körűlmények között vizsgálva. Stressz esetén azonban az alaptakarmányt (0,73 mg/kg

szeléntartalom) fogyasztó csoport GPx aktivitása kisebbnek bizonyult, főleg a szerves szelénes (2 ill. 4 mg/kg Selplex kiegészítés) csoporthoz képest. A stressz csökkentette a test szeléntartalmát, és növelte a GPx aktivitást, ezáltal növelve a szelénfelhasználást. Ekkor a kiegészítés nélküli takarmány szeléntartalma már kevésnek bizonyult. A szelénes élesztő hatékonyabban tartotta fent a megfelelő szeléntartalmat, mint a szelenit. A 8 mg/kg szelénkiegészítés megnövelte a májban a lipidperoxidáció mértékét, azaz ebben az esetben a szelén már pro-oxidáns lehetett.

Egy harmadik, szivárványos pisztránggal folytatott vizsgálatban a szelénes-élesztő kiegészítés nélküli tápot fogyasztó csoportok filéje szignifikánsan kevesebb szelén tartalmazott a többi csoporthoz képest. A halak a legnagyobb testtömeg-gyarapodást és specifikus növekedési sebességet (SGR) a takarmány 3 mg/kg szeléntartalma mellett érték el. A GPx, kataláz és szuperoxid-dizmutáz aktivitása szignifikánsan nagyobb, a máj malondialdehid (MDA) koncentrációja pedig szignifikánsan kisebb volt a szelénnel kiegészített tápot fogyasztó halaknál a kontroll csoporthoz képest. A növekedési és enzim-aktivitási adatok alapján a 3 mg/kg SelPlex kiegészítés a legmegfelelőbb a szivárványos pisztráng számára (Hunt és mtsai., 2011).

Gatlin és Wilson (1984) a növekedési adatok, valamint a vér és a máj GPx aktivitása alapján megállapította, hogy a csatornaharcsa ivadék szelénszükséglete 0,25 mg/kg. A takarmányok szelén kiegészítése nátrium-szelenit formájában történt. A filé szeléntartalma esetükben a kiegészítés mértékével arányosan, majdnem lineárisan nőtt. Hasonló lineáris növekedést figyeltek meg Cotter és mtsai. (2008), valamint Jaramillo és mtsai. (2009) hibrid csíkos sügérnél, Lin és Shiau (2005) fűrészes sügérnél, Schram és mtsai. (2008) afrikai harcsánál.

Wang és Lovell (1997) vizsgálatai alapján a csatornaharcsa ivadék tömeggyarapodásához a minimális szelénszükséglet a szelén-forrástól függően 0,28 mg/kg (nátrium-szelenit), 0,09 mg/kg (szelenometionin), illetve 0,11 mg/kg (szelén élesztő). Nátrium-szelenit etetése esetén tehát a szelénszükséglet két-háromszoros a szerves szelén-formákhoz képest. Esetükben a csatornaharcsa vérplazma GPx aktivitása az emelkedő szelén kiegészítések hatására (a kiegészítés formájától függetlenül) lineárisan, a máj GPx aktivitása pedig kvadratikusan nőtt.

Az ivadék fűrészes sügér szelénszükséglete 0,8 mg/kg körül alakul (Lin és Shiau, 2005). A kísérleti tápok szelén kiegészítésének formája szelenometionin volt. A legjobb testtömeg-gyarapodást és takarmányértékesítést a 0,77 ill. 0,79 mg/kg (1. ill. 2. kísérlet), míg a legrosszabbat a 4,00 mg/kg szeléntartalmú tápot fogyasztó csoport érte el. A máj glutation reduktáz (GR) aktivitása mindkét kísérletben szignifikánsan nagyobb volt a kiegészítést nem tartalmazó csoportban, és határozottan csökkent a szelénkiegészítéses tápot fogyasztó csoportokban. A máj GR aktivitása ezáltal a szelénkiegészítés mértékét jelezte az optimális szint eléréséig. A fenti kísérletek alapján a fűrészes sügér szelén szükségletét a kiegészítés nélküli takarmányok nem elégítik ki.

A nemes lazac szelén szükséglete nem ismert, ugyanakkor Bell és mtsai. (1987) vizsgálataik alapján valószínűsítik, hogy a nemes lazac szelén szükséglete meghaladja a szivárványos pisztrángét, mivel a nemes lazac GPx aktivitása többszöröse a szivárványos pisztrángénak. Valószínű azonban, hogy a jelentős halliszt tartalmú, kereskedelmi forgalomban kapható lazactápok 1 mg/kg körüli szeléntartalma elégséges számukra (Lunde, 1968). Ezt támasztják alá Lorentzen és mtsai. (1994) kutatásai is: a szelénkiegészítés nélküli alaptápot fogyasztó kontroll csoportnál sem figyeltek meg hiánytüneteket. Az 1, ill. 2 mg/kg szelenittel, vagy

szelenometioninnel dúsított tápokot fogyasztó halak és a kontroll csoport növekedése, megmaradása és GPx aktivitása sem különbözött egymástól szignifikánsan. Utóbbi megfigyelés alapján minden csoport szelén-ellátottsága megfelelőnek bizonyult, függetlenül a szelén forrásától.

A hibrid csíkos sügér 0,2 mg/kg szelénkiegészítés mellett éri el a legjobb testtömeg-gyarapodást függetlenül a szelén kiegészítés formájától (szerves, vagy szervetlen) (Cotter és mtsai., 2008). A szelén felhalmozódása a májban és a filében a 0,2 mg/kg-os küszöbérték átlépését követően klasszikus dózishatást mutat, bár az izomszövet dózishatása nagyobb a májénál. A máj szeléntartalma minden esetben nagyobb volt az izoménál, amely egybecseng Lorentzen és mtsai. (1994) nemes lazacnál, Wang és Lovell (1997) csatornaharcsánál, valamint Elia és mtsai. (2011) pontynál tett megfigyeléseivel.

A 10, illetve 20 µg/g szelenometionin kiegészítésű tápot fogyasztó viza (*Huso huso*) ivadékok gyorsabb és nagyobb testtömeg-gyarapodást értek el a kevesebb szelént fogyasztó társaikhoz képest. A különböző kezelések között a hematológiai paraméterek tekintetében nem volt szignifikáns eltérés. A szelén felhalmozódása a különböző szövetekben klasszikus dózishatást mutatott, legnagyobb mértékben a májban halmozódott fel. A növekedési adatok alapján a takarmány 10-20 µg/g közötti szeléntartalma tekinthető küszöbértéknek a viza ivadék számára (Arshad és mtsai., 2011).

Elia és mtsai. (2011) nagy (1 mg/kg) és kis (0,25 mg/kg) szeléntartalmú tápok hatását vizsgálták pontyon. A nagyobb szeléntartalmú takarmány jobb növekedést eredményezett. A szelén felhalmozódása a szövetekben a következő sorrendet követte: vese>máj>izom.

2.3.2. A különböző szelénforrások hozzáférhetősége a halak számára

Hagyományosan a takarmányokat szelenittel egészítették ki, más szelénformák azonban hatékonyabbnak bizonyultak a szelén státusz emelésében. A szelén hozzáférhetőségének vizsgálata környezetvédelmi szempontból is fontos: ha a szerves szelén hozzáférhetősége nagyobb, mint a szervetlen formáké, akkor csökkenthető a napi szelénmennyiség, és ezáltal az akvakultúra-rendszerekbe juttatott szelén mennyisége is. A szerves szelénnek (szelено-metioninnek, szelénés élesztőnek) nagyobb a biológiai hozzáférhetősége a nemes lazac (Bell és Cowey, 1989; Lorentzen és mtsai., 1994), a csatornaharcsa (Paripatananont és Lovell, 1997; Wang és Lovell, 1997), az ezüstkárász (*Carassius auratus gibelio*) (Wang és mtsai., 2007) és a hibrid csíkos sügér (Jaramillo és mtsai., 2009) számára, mint a szervetlen szelénnek (nátrium-szelenitnek). Wang és Lovell (1997) vizsgálatai alapján a csatornaharcsa májának maximális GPx aktivitásához szükséges szelén (0,17 mg/kg nátrium-szelenit ill.; 0,12 mg/kg szelenometionin vagy szelénés élesztő) hozzáférhetősége szerves forrásból 148 % a szervetlenhez képest. Bell és Cowey (1989) fiatal nemes lazac takarmányát hozzávetőlegesen 1 mg/kg szelént tartalmazó halliszttel, nátrium-szelenittel, DL-szelenometioninnal, vagy DL-szelenociszteinnel egészítették ki. E szelénforrások közül a szelenometionin bizonyult a legjobban emészthetőnek (92 %), míg a halliszt volt a legkevésbé hozzáférhető (47 %). A szivárványos pisztráng számára a szelénés élesztő jobban emészthetőnek bizonyult, mint a nátrium-szelenit. A teljes test szeléntartalmát mindkét szelénforrás növelte, de a szerves szelén szignifikánsan nagyobb mértékben (Rider és mtsai., 2010).

A szelenometionin és a szelénés élesztőből származó szelén nagyobb mértékben halmozódik fel az izomzatban (Lorentzen és mtsai., 1994; Wang

és Lovell, 1997; Wang és mtsai., 2007; Rider és mtsai., 2010), mint a nátrium-szelenit, illetve mint a szelénnel dúsított fokhagymából származó szelén (Schram és mtsai., 2008). A máj szelénkoncentrációja Wang és Lovell (1997) vizsgálatai alapján a szelenometionin, míg Lorentzen és mtsai. (1994), valamint Rider és mtsai. (2010) szerint a szelenit kiegészítés hatására emelkedik meg jobban. Cotter és mtsai. (2008) hibrid csíkos sügérnél kis mennyiségű szelénkiegészítés mellett (0,2; ill. 0,4 mg/kg), azonban nem találtak különbséget a két szelénforma között sem a máj, sem a filé szeléntartalmának tekintetében, bár a szervetlen szelént fogyasztó halak hematokrit értéke kisebb volt. Az ezüstkárász plazma GPx aktivitása szignifikánsan nagyobbak bizonyult, ha a kiegészítés szeleno-metioninnel történt, mint amikor nátrium-szelenittel (Wang és mtsai., 2007). Lorentzen és mtsai. (1994) megfigyelték hogy, a teljes test és a máj szeléntartalma csökkent a szelénkiegészítés nélküli tápot fogyasztó csoportban a kiinduló értékekhez képest. Ez feltehetően azzal magyarázható, hogy a halak a kísérlet kezdete előtt, nagy szeléntartamú kereskedelmi tápot fogyasztottak. Lorentzen és mtsai. (1994) azt valószínűsítik, hogy a takarmány nagyobb szeléntartalma ellensúlyozhatja a kisebb hozzáférhetőséget. Így, a halliszt alapú takarmányok nagy szeléntartalma ellensúlyozhatja a halliszt alacsonyabb hozzáférhetőségét is. A szelenometionin, vagy szelenit formájában felvett szelén eltérő módon metabolizálódik. A szelenit a szabályos szelén anyagcsere utat követi, amely magába foglalja a májat, mint az anyagcsere fontos helyszínét. A szelenometioninnak két fő iránya lehet az anyagcserében: a szelén, vagy a metionin útját követheti (Burk, 1976). A fehérjeszintézis során a szervezet nem különbözteti meg a metionint és a szelenometionint, ennek következtében a szelenometionin a fehérjékbe a metionin analógjaként épül be (Sunde, 1984; Waschulewski és Sunde, 1988). Az, hogy a szelenometionin melyik utat követi, a takarmány

metionin tartalmától és a hal fehérje-szintézisének mértékétől függ. A takarmány alacsony metionin tartalma a szelenometionin fehérjébe való beépülésének mértékét fogja növelni. Az izomszövet a halak fő fehérje „bázisa”, ezért amikor a szelenometionin a fehérjébe épül be, várható, hogy a filé szeléntartalma növekedni fog, különösen a gyorsan növekedő fajok esetében.

A szerves szelén nagyobb hozzáférhetőségének másik oka, hogy a szelenometionin a vékonybélből - Na^+ -függő semleges aminosav transzport rendszeren keresztül - hatékonyabban szívódik fel, a nátrium-szelenitnél (Bell és Cowey, 1989; Paripatananont és Lovell, 1997), valamint jobban hozzáférhető az anyagcsere folyamatok során, mint a szervetlen szelén (Ashmead és Zunino, 1992). A szelén felhalmozódása a halak szervezetében nyilvánvalóan függ a kortól és talán a fajtól, és/vagy a hőmérséklettől is. A szerves szelén felszívódását, transzportját és szövetbeli felhalmozódását más tényezők is befolyásolhatják, például a többi takarmány-összetevő, a máj anyagcseréje, a bél pH-ja (Fox és mtsai., 2004; Suzuki, 2005). A szelén a halak esetében a kopolyún és a bőrön keresztül is felszívódhat (Hodson és Hilton, 1983; Elbaraasi és mtsai., 2003).

2.3.3. A szelénhiány és -mérgezés tünetei halakban

A szelénhiány általában csökkent növekedést és GPx aktivitást okoz, amely az antioxidáns rendszer feltűnően csökkent működéséhez vezet (Stadtman, 1991). Nemes lazacban a szelénhiány tünetei a növekedés visszamaradása, a csökkent hematokrit érték, szöveti szelénkoncentráció és GPx aktivitás voltak (Poston és mtsai., 1976; Bell és mtsai., 1987, Lorentzen és mtsai., 1994). Szelénhiány esetén nemes lazacnál megnövekszik a „Hitra betegség” előfordulásának gyakorisága (Poston és

mtsai., 1976). A szelénhiányos táppal etetett nemes lazac ivadékok vére nagyobb számban tartalmazott különböző nagyságú (anisocytosis), kerek, éretlen (poikilocytosis) vörösvérsejteket és erythroblastokat, a szelénkiegészítést tartalmazó tápot fogyasztó csoportokhoz képest (Poston és mtsai., 1976). A szelénhiány szivárványos pisztráng és csatornaharcsa ivadéknál, valamint ezüstkárásznál és fűrészes sügernél szintén csökkent szérum és/vagy máj GPx aktivitást okoz (Hilton és mtsai., 1980; Wang és Lovell, 1997; Gatlin és Wilson, 1984; Wise és mtsai., 1993; Wang és mtsai., 2007; Lin és Shiau, 2005; Bell és mtsai., 1985). Csatornaharcsa ivadéknál és ezüstkárásznál a szelénkiegészítés nélküli tápot fogyasztó csoportok növekedése és a filé szeléntartalma elmaradt a szelénnel kiegészített tápot fogyasztó csoportokhoz képest (Wang és Lovell, 1997; Gatlin és Wilson, 1984; Wang és mtsai., 2007). A szelén hiánya a csatornaharcsa esetében kedvezőtlenül befolyásolta a takarmányértékesítést és a máj szeléntartalmát is (Gatlin és Wilson, 1984; Wang és Lovell, 1997), míg szivárványos pisztrágnál a vese és máj szövetek, valamint a plazma szeléntartalma szintén rendkívül alacsony volt (Bell és mtsai., 1985). E-vitamin jelenlétében a plazma szelénhiánya kevésbé volt kifejezett. A 0 és 0,1 mg/kg szelén kiegészítésű takarmányt fogyasztó csatornaharcsa ivadékok májának nem szelén-függő GPx aktivitása sokkal nagyobb volt (71,5 ill. 102,7 nmol egység) a máj szelén függő GPx aktivitásához képest (12,7 ill. 45,1 nmol egység). A nem szelénfüggő GPx aktivitásának növekedése kompenzáló működést szolgál szelénhiány esetén (Gatlin és Wilson, 1984).

Szivárványos pisztrágnál a száraz takarmány 0,07 mg/kg-os szelén tartalma a víz $0,4 \pm 0,2$ mg/m³-es szeléntartalmával, valamint a takarmány megfelelő (400 NE/kg) E-vitamin tartalmával együtt elegendőnek bizonyult a szelén hiánytüneteinek, így a szövettani károsodásnak valamint a máj és izom elfajulásnak megelőzésére (Hilton és mtsai., 1980). A szelén szerepe

kapcsolódik az E-vitaminéhoz, de attól függetlenül működik (Rotruck és mtsai., 1973), ezért egyszerű és összetett szelénhiány is felléphet. Combs és Scott (1974) házityúknál megfigyelték, hogy az egyidejű szelén és E-vitamin kiegészítés mindkét antioxidáns teljes védelemhez szükséges szintjét csökkenti. Poston és mtsai. (1976) elúszó nemes lazac lárvánál szelén és E-vitamin kiegészítés nélküli tápok etetése során kétszeresére növekedett elhullást figyeltek meg. Ez a megnövekedett mortalitás nagyobb méretű nemes lazacnál megfelelő E-vitamin ellátottság mellett nem volt megfigyelhető, tehát lehetséges, hogy a nemes lazac szelén szükséglete csökken, ahogyan a hal nő. Az izomdisztrófia megelőzésére együttes szelén és E-vitamin kiegészítésre volt szükség (Poston és mtsai., 1976). A szelénben és E-vitaminban egyaránt hiányos tápot fogyasztó szivárványos pisztrángok exudatív diatézisben szenvedtek és tömeggyarapodásuk szignifikánsan elmaradt a csak szelénben, vagy csak E-vitaminban hiányos tápot fogyasztó csoportokhoz képest. A szelén és az E-vitamin kölcsönhatása a hematokrit értéket és az MDA képződést tekintve volt a legszembeszökőbb: a hematokrit érték szignifikánsan kisebb volt a mindkét táplálóanyagot nélkülöző kezelésben, míg a legkevesebb MDA a mindkét táplálóanyagot megfelelő mértékben fogyasztó csoportban képződött (Bell és mtsai., 1985).

A krónikus szeléntoxikózis halak esetében az alábbi tüneteket idézi elő: a kopolyúkon a vér szinuszoidok jelentősen kitágulnak, a kopolyúlemezek megduzzadnak, esetenként megfigyelhető a kopolyú bevérzése is. A tágulatok zavart okoznak a véráramlásban, a gázcsere hatékonysága csökken, amely metabolikus stresszt válthat ki. A vérben a hematokrit érték jelentősen csökken, a limfociták száma növekszik. A szelén a hemoglobinhoz kapcsolódva gátolja a vörösvérsejtek oxigénszállítását, ezzel tovább csökkentve a gázcsere hatékonyságát, súlyosbítva a metabolikus

stressz következményeit (Balogh és mtsai., 2002). A májban a Kupffer-sejtek száma megnő, a centrális vénák megduzzadnak, a parenchimális sejtek száma csökken, amely változások jelentősen csökkentik a máj méregtelenítő kapacitását. A vesében krónikus szeléntoxikózis hatására Lemly (2002) gócos intrakapilláris proliferatív glomerulonephritist tapasztalt. Hicks és mtsai. (1984) szivárványos pisztrángokon végzett vizsgálataik során a 11,4 mg/kg szelenitet tartalmazó takarmányt fogyasztó halaknál 90 %-ban nephrocalcinosis-t is megfigyeltek. Hodson és Hilton (1983) hasonló tünetekről számolt be 10 mg/kg szelént tartalmazó takarmány etetésekor. A szív károsodását (szívizom- és szívburokgyulladást) a krónikus szeléntoxikózisban szenvedő halaknál Lemly (2002) bizonyította. Az ivarszervek érzékenységét mutatja, hogy szelénmérgezés esetén az ivarérett halak petefészke számos duzzadt, nekrotikus és felszakadt érett tüszőt tartalmaz. A szaruhártyán és a szemlencsén a szelénterhelés szemlencse homályt okozhat, másik szemet érintő tünete pedig a kidülledő szem. A szem körüli bevérvések következtében a csarnokvízben vér is megjelenhet (Lemly, 2002). A szelénnek való kitettség következtében kialakuló teratogén elváltozások a kelést követően már 2-4 napos lárvákon is jól megfigyelhetők. Az abnormálisan fejlődő lárvák esetében késik a szikanyag felszívódása, hasuk feldagadt, vizenyős. A teratogén hatás lárvákon leglátványosabban különböző gerinc elváltozásokban nyilvánul meg (Balogh és mtsai., 2002). Lemly (2002) további elváltozásról is beszámolt, melyeket a fejen (deformálódott fejtető), a szájon (deformálódott száj és állkapocs) és az úszókon (csökevényes mellúszók) tapasztalt.

Szivárványos pisztrángban a takarmány 13 mg/kg-os szeléntartalma krónikus szelénmérgezést okozott a 20 hetes etetési kísérlet során (Hilton és mtsai., 1980), melynek főbb hatásai a következők voltak: csökkent növekedés, gyenge takarmányhasznosítás és nagymértékű elhullás. Goettl és

Davies (1978) szivárványos pisztráng ivadéknál szintén krónikus szelénmérgezést tapasztalt a 10 mg/kg szelénkiegészítést tartalmazó táp etetése során, de hosszú távon a több mint 3 mg/kg szelént tartalmazó táp felvétele és szövetekbeni felhalmozódása is toxikus lehet (Hilton és mtsai., 1980), bár hibrid csíkos sügérnél ennél nagyobb szeléntartalmú (3,2 mg/kg) takarmány etetése 6 hét alatt nem okozott mérgezést (Cotter és mtsai., 2008). A csatornaharcsa ivadékkal folytatott 15 hetes kísérlet során Gatlin és Wilson (1984) a 15 mg/kg szeléntartalmú tápot fogyasztó csoport estében szintén csökkent növekedést figyelt meg, amely a szelénmérgezést jelezte. Hazánkban 10 napos afrikai harcsa lárvákban vizsgálták a szelén mérgező hatását Balogh és mtsai. (2002). A 21,9 mg/l nátrium-szelenit, illetve 23,9 mg/l nátrium-szelenát dózis mellett 100 %-os elhullást tapasztaltak már a kezelés második napján. A szelénes élesztős kezelés hatására is jelentős mértékű, de a dózistól (15, 30, ill. 300 mg/nap) részben független elhullást tapasztaltak. Elbaraasi és mtsai. (2003) nagy mennyiségben adagolt szelén vegyületek (nátrium-szelenit és nátrium-szelenát) hatását vizsgálták vízben oldva, illetve szelénnel dúsított Artémia petéket etetve ponty lárvával. A szelenittel kezelt csoport halaiban halmozódott fel a legtöbb szelén, az elhullás szignifikánsan nagyobb, a növekedés pedig szignifikánsan kisebb volt ebben a csoportban a szelenátos csoporthoz képest. A szelénnel dúsított Artémiát fogyasztó csoport növekedése bizonyult a legnagyobbknak.

Lee és mtsai. (2010) vizsgálatai során a 66, illetve 146 mg/kg szelenometionin tartalmú takarmányt fogyasztó lepényhalak (*Paralichthys olivaceus*) mortalitása már a 10 hetes kísérlet 2. hetében szignifikánsan megnőtt. A 35,9 mg/kg-os csoporttal együtt a 6. hétre mindhárom kezelés elérte a 100 %-os elhullást. A szelén felhalmozódása a kopoltyú, máj és izomszövetben klasszikus dózishatást mutatott. A vese esetében szintén dózishatás volt megfigyelhető a 7,38 mg/kg-os plató eléréséig.

Hibrid csíkos sügérnél a szelénmérgezés tünetei csökkent növekedés, takarmányfelvétel és takarmányértékesítés és megnövekedett elhullás voltak. A szelénmérgezés a 20 mg/kg-nál több szelenometionint fogyasztó csoportnál jelentkezett (Jaramillo, 2009).

2.4. A lipidek jelentősége az afrikai harcsa és a nílusi tilápia takarmányozásában

2.4.1. Zsírok és zsírsavak az állati szervezetben

A lipidek általában a szerves vegyületek egy olyan csoportját jelentik, amelyek különböznek a fehérjéktől, szénhidrátoktól és nukleinsavaktól, és amelyek oldhatatlanok vízben, de könnyen oldhatók szerves oldószerekben. A lipid kifejezés különösen igaz azokra a kémiai anyagokra, amelyek a fentebbi oldhatósági jellemzőkkel bírnak, és észterezett zsírsavakat tartalmaznak. A lipidek tovább oszthatók neutrális zsírokká, valamint poláris lipidekké. A neutrális lipidek általában a zsírraktározásban vesznek részt, míg a poláris lipidek a sejtmembránok szerkezeti elemeiként töltenek be fontos szerepet (Bell, 1998).

A zsírsavak elnevezésében számos triviális nevet és rövidítést használnak. A rövidítések alkalmazása legegyszerűbben néhány példa bemutatásán keresztül érthető meg. A palmitinsav egy egyenes láncú telített zsírsav, amely 16 szénatomot tartalmaz és rövidített neve 16:0. A kettőspont előtti szám megadja a szénatomok számát, a kettőspont utáni pedig a kettős kötések számát jelzi. Az egyszeresen telítetlen olajsav jelölése 18:1n-9, ahol a 9-es szám jelzi a kettős kötés helyét a láncban, míg az n azt jelöli, hogy a számozás a metil-csoport felőli végről kezdődik. A többszörösen telítetlen linolsav rövidítése 18:2n-6, ahol az n-6 jelöli az első kettős kötés helyét a

metil-csoporttól számítva. Az EPA rövidített jelölése a 20:5n-3, amely egy 20 szénatomos, 5 kettős kötést tartalmazó zsírsavat jelöl (Bell, 1998).

A halakban az egyes szövetek zsírsav-profilját a takarmány zsírsav-összetétele nagymértékben befolyásolja, de más tényezők is hatással vannak rá (Torstensen és Tocher, 2011). Az emészthetőség (Torstensen és mtsai., 2000), a felszívódás és transzport, az elongációs és deszaturációs folyamatok (Bell és mtsai., 2001; Bell és mtsai., 2002), valamint a zsírsavak β -oxidációja (Torstensen és mtsai., 2000) mind hatással lesznek a membrán és depó zsírok lipid-összetételére, ráadásul az egyes szövetekben a zsírsav-profil változás mértéke eltérő (Bell és mtsai., 2001; Torstensen és mtsai., 2004a). A különböző szövetek raktározó TAG frakciói (neutrális zsírok) jobban tükrözik a takarmány zsírsavösszetételét, mint a strukturális foszfolipid frakciók. Következésképpen, a takarmány zsírsav-összetétele és a kérdéses szövet zsírsav-profilja közötti hasonlóság a neutrális zsírok és poláris lipidek szövetbéli relatív arányától függ (Jobling és mtsai., 2002).

A halaknál a β -oxidáció legjelentősebb helyszínei a vörösizom, a máj és a szív (Henderson és Tocher, 1987). A fehérizom 1 g szövetre vetített β -oxidációs képessége kicsi, azonban a nagyságára való tekintettel a fehér izom a β -oxidáció legfontosabb helyszíne (Stubhaug és mtsai., 2005a). A hal zsírsav bontási kapacitása azonban más tényezőtől is függ, úgymint a hal méretétől, az életkortól, és a szezonról. A zsírsavak β -oxidáción keresztüli lebontása két sejtszervecskében zajlik, a mitokondriumban és a peroxisómákban (Torstensen és Tocher, 2011). A halakban jellemzően a máj peroxisómális β -oxidációja járul hozzá jelentős mértékben a teljes β -oxidációs kapacitáshoz (Nanton és mtsai., 2003). A halolaj növényi olajjal való helyettesítése befolyásolhatja a halak szöveteinek β -oxidációs kapacitását (Torstensen és Tocher, 2011).

A nem észterezett zsírsavak vagy egyszerű diffúzióval juthatnak be a sejtekbe (Hamilton, 1998), vagy fehérje–mediálta transzporttal a sejtmembránon keresztül. A lipidek és más zsírolékony anyagok szállítása a bélből a perifériás szövetek felé főleg lipoproteinek útján történik. Ezt a zsír-szállítást „exogén lipid transzport rendszernek” nevezik (Babin és Vernier, 1989).

A halak más gerincesekhez hasonlóan nem tudják a PUFA-kat *de novo* előállítani, mivel nem rendelkeznek a szintézishez szükséges $\Delta 12$ és $\Delta 15$ acil-lipid deszaturázzal, amely a 18:1n-9-et LA-vá és ALA-vá alakítja. A halaknak a számukra esszenciális hosszúláncú zsírsavakat (LC-PUFA) vagy a táplálékon keresztül kell felvenniük, vagy néhány faj esetében ezek rövidebb láncú PUFA-kból endogén szintézis útján is előállíthatóak. Az, hogy egy adott faj át tudja-e alakítani ezeket a zsírsavakat, számos enzim jelenlététől és működésétől függ, beleértve a $\Delta 6$ és $\Delta 5$ deszaturázokat és az Elovl5 és Elovl2 elongázokat. Tehát, hogy mely PUFA tudja a hal EFA igényét kielégíteni az LC-PUFA szintézis enzimjeinek jelenlététől vagy hiányától is függ (Torstensen és Tocher, 2011).

A lipideknek számos fontos szerepe van az állati szervezetben: energiaforrásként szolgálnak, nélkülözhetetlen alkotórészei a sejtmembránnak, szállítják a zsírban oldódó vitaminokat, prekursorai a prosztaglandinoknak és szteroidoknak. A takarmányban található lipideknek két fő feladata van: energia és EFA forrásként szolgálnak. Az EPA, DHA, arachidonsav (ARA), ALA, és LA zsírsavak a legtöbb hal számára esszenciálisak, de az optimális takarmánybeli szintjük, az n-6 és n-3 zsírsavak egymáshoz viszonyított aránya és a szénlánc hosszúsága (C_{18} , C_{20} , C_{22}), fajonként eltérő (Glencross, 2009). (Habár hagyományos értelemben azokat a táplálóanyagokat nevezzük esszenciálisnak, amelyek takarmányból történő felvétele nélkül az állat elpusztulna, Glencross (2009) szerint azokat

a zsírsavakat is érdemes idesorolni, amelyek elősegítik a növekedést, vagy más fontos biológiai választ váltanak ki.) A faj származása (édesvízi, tengeri, vagy brakkvízi) az elsődleges tényező, amely az EFA szükségletet meghatározza.

A szárazföldi állatok húsa főleg n-6 típusú PUFA-t tartalmaz, míg a tengeri halfajok inkább n-3 PUFA-ban gazdagok. Számos tengeri halfaj különösen gazdag EPA-ban és DHA-ban, amely zsírsavak a plankton fogyasztásból származnak. A tengeri halfajokkal összehasonlítva az édesvízi fajok általában nagyobb mennyiségben tartalmaznak C₁₈ PUFA-kat, de ennek ellenére tekintélyes mennyiségű EPA-t és DHA-t is (Steffens, 1997). Az édesvízi halak zsírsav-profiljára a nagy n-6 PUFA tartalom jellemző, különös tekintettel az LA-ra és az ARA-ra. Ennek következtében az n-3/n-6 zsírsavak aránya az édesvízi halakban sokkal kisebb (1-4) a tengeri fajokhoz képest (5-10) (Steffens, 1997). Az édesvízi halak azonban a tengeri fajoknál nagyobb mértékben képesek az n-3 és n-6 prekursor zsírsavakat PUFA-ká alakítani annak köszönhetően, hogy ezen zsírsavakban hiányos környezetből származnak (Agaba és mtsai., 2005). A HUFA-k (highly unsaturated fatty acid, sokszorosan telítetlen zsírsav) hatékonyan épülnek be a sejtmembránba (Henderson és Tocher, 1987), így a megváltozott lipid-profil végül a filé minőségében bekövetkező változásokhoz vezethet, ahogyan az Baker (1997) harcsával folytatott vizsgálatában a felengedettési veszteség kapcsán bebizonyosodott.

2.4.2. A hal-, len- és szójaolaj általános jellemzése

Az akvakultúra jövőbeni növekedését és fenntarthatóságát leginkább gátló tényező a halolajok használata. A halolaj ára és elérhetősége drasztikusan ingadozik, az alapanyagául szolgáló halfajokat pedig nem

megfelelő módon halásszák le a világ óceánjaiból (De Silva és mtsai., 2011). Az utóbbi években emiatt növekedett az érdeklődés a növényi olajok használata iránt, amelyek lehetővé teszik a halolaj helyettesítését a haltápokban (Csengeri és mtsai., 2007). Ahhoz azonban, hogy a halolaj helyett eredményesen tudjuk alkalmazni az alternatív lipid forrásokat, ismernünk kell a rájuk jellemző tulajdonságokat.

A halolajok fizikai és kémiai tulajdonságaikat tekintve jelentősen eltérőek lehetnek. E változékonyságot a halolaj előállításához felhasznált halfajok táplálékának összetételében rejlő különbségek okozzák, amelyet ráadásul a szezonális változások is nagymértékben befolyásolnak. A halolaj gyártáshoz felhasznált halfajok változó mennyiségben, teljes izomszövetükben raktározzák a lipideket, ezért az e fajokból származó olajokat gyakran nevezik „haltest olajnak”, amelyek nagy mennyiségben (90%) tartalmazzak TAG-okat. A halolajokban található zsírsavak láncossza általában C_{18} - C_{24} között változik, de a legnagyobb koncentrációban a következő zsírsavakat tartalmazza: 14:0, 16:0, 16:1n-7, 18:1n-9, 20:5n-3 és 22:6n-3. Az egyes halolajok összetételét azonban jelentősen befolyásolhatják olyan tényezők, mint a faj, kor, méret, szaporodásbiológiai állapot, földrajzi helyzet, és az évszak (De Silva és mtsai., 2011). A halolajok leginkább nagy n-3 LC-PUFA tartalmukról ismertek. A szárazföldi olajokkal ellentétben jelentős mértékben tartalmazzak EPA-t és DHA-t. E zsírsavak halolajbeli aránya azonban nemcsak az egyes fajok között, hanem az egyes fajokon belül is változhat, például a perui szardella (*Engraulis ringens*) EPA tartalma 7,6-22 % között alakul. Általánosságban elmondható, hogy amikor a halolaj MUFA tartalma alacsony, mint például a perui szardella, vagy a menhaden olajok esetében, akkor az EPA és DHA nagyobb mennyiségben lesz jelen (De Silva és mtsai., 2011). A nyers halolajok általában gazdagok A és D vitaminban,

amelyeket a halmáj tartalmaz nagyobb mennyiségben, de a filé vitamin tartalma sem elhanyagolható (Rice, 2009, in De Silva és mtsai., 2011). A halolajban kisebb mértékben előforduló E-vitaminnak a PUFA-k oxidációjának megelőzésében, antioxidánsként van fontos szerepe (De Silva és mtsai., 2011).

A lent (*Linum usitatissimum*) elsősorban Kanadában, Kínában, Indiában és az USA-ban termesztik. Kanada az egyetlen jelentős exportőr, míg Európa (főleg Németország és Belgium) valamint az USA számít a legnagyobb importőrnek. A lenolajat legnagyobb mennyiségben Európa és Kína területén állítják elő (Gunstone, 2011). A lenolaj az egyetlen olyan magas ALA tartalmú növényi olaj, amelyet megfelelő mennyiségben termelnek, habár a főbb ipari olajforrásokhoz képest még ez a mennyiség is alacsonynak mondható. A lenmagból 35-44 % lenmagolaj nyerhető ki. A lenolaj termelése az elmúlt években ingadozott és elképzelhető, hogy a jövőben visszaesik (Tocher és mtsai., 2011; Przybłski, 2005 in Gunstone, 2011).

A lenolaj 6-7 %-ban tartalmaz palmitinsavat, 4-6 %-ban sztearinsavat, míg olajsav tartalma 15-39 % között változik. LA tartalma 15-19 %, míg ALA tartalma nagyon magas, 35-56 % közötti. Az ALA:LA arány általában 3 és 4 között alakul (Padley és mtsai, 1994 in Tocher és mtsai, 2011).

A szójaolajat legnagyobb mennyiségben az USA-ban, Kínában, Brazíliában és Argentínában állítják elő. Kína és az EU-27 számít a legnagyobb importőrnek. A szójabab a legszélesebb körben termesztett olajtartalmú mag. A szójababból 18 % szójaolaj nyerhető ki. A szójaolaj LA-ban gazdag. PUFA tartalma főleg LA-ból (54 %) és ALA-ból 8 % áll (Gunstone, 2011). A szójaolaj egy telítetlen zsírsavakban gazdag, folyékony olaj, melynek oxidatív stabilitása alacsony a magas LA és ALA tartalomnak

köszönhetően. A szójaolaj ezen kívül palmitinsavat (11 %), olajsavat (23 %) és sztearinsavat (4 %) tartalmaz (Spencer és mtsai., 1976). Az egyes olajokra jellemző n-6/n-3 arány eltérő lehet. A halolajok n-3 zsírsav tartalma 17,4-33,4 % között változik, míg a növényi olajoké 0,4-55,6 % között. A halolajok n-6 zsírsav tartalma 2,1-5,1 % közötti, míg a növényi olajoké 10,2-52,2 % körül alakul (Bell és Koppe, 2011).

2.4.3. Zsírok és zsírsavak az afrikai harcsa takarmányozásában

Az afrikai harcsa táplálóanyag-igényéről kevés információ áll rendelkezésre, a faj esetében főleg a halolaj növényi olajokkal való kiváltásának lehetőségeit vizsgálták.

A harcsafélék filéjében az életkor előrehaladtával nő a lipid-tartalom, de még a piaci méret elérésekor is alacsonyabb, mint más, gazdaságokban termelt fajok filéjében (Fauconneau és Laroche, 1996). A harcsatápok lipid-tartalmának növelése azonban annak megnövekedését eredményezi a filében is. A harcsa-filét általában nagy MUFA tartalom és nagy n-6/n-3 arány jellemzi. Az afrikai harcsa filéjében a palmitinsav a leggyakoribb zsírsav, amely általában jellemző az édesvízi halfajokra (Chauke és mtsai., 2008).

Afrikai harcsa ivadékokat kókusz-, vagy földimogyoró-olaj kiegészítésű takarmánnyal etetve Aderolu és Akinremi (2009) azt tapasztalták, hogy a halak tömeggyarapodása, takarmányértékesítése és SGR értéke szignifikánsan jobb volt, mint az olaj-kiegészítés nélküli kontroll tápot fogyasztó társaiké. A legjobb takarmányértékesítést (1,75 kg/kg) az 5 %-os mogyoróolaj kiegészítés eredményezte.

Az afrikai harcsa növekedését és takarmányértékesítését rontotta a tőkehalmáj olajos takarmány, a napraforgó olajhoz, a pálmaolajhoz és a pálmaolaj származékokhoz képest (Ng és mtsai., 2003). A szerzők arra a

megállapításra jutottak, hogy a pálmaolaj-ipar termékei eredményesen felhasználhatóak az afrikai harcsa takarmányozásában.

A $\frac{3}{4}$ rész tökehalmáj olajat és $\frac{1}{4}$ rész szójaolajat tartalmazó takarmányon nevelt afrikai harcsa-ivadék több SFA-t, MUFA-t és n-3 zsírsavat, és kevesebb n-6 zsírsavat tartalmazott, mint az $\frac{1}{4}$ rész tökehalmáj olajat és $\frac{3}{4}$ rész szójaolajat tartalmazó tápon nevelt ivadékok, amelyek SGR értéke is elmaradt a többi csoporthoz képest (Elbaraasi és mtsai., 2005).

2.4.4. Zsírok és zsírsavak a tilápia takarmányozásban

Napjainkban a kereskedelmi forgalomban kapható tilápia tápok 10 % vagy annál kevesebb olajat tartalmaznak. Ez nem takarmányozási megfontolások miatt alakul így, hanem azért, mert az ennél nagyobb olajmennyiségek nehézséget okozhatnak a hagyományos takarmány-pelletálási technikák alkalmazásakor (Jauncey, 2000).

A tilápia valószínűleg nem képes a takarmány nagy lipidtartalmát olyan hatékonyan felhasználni, mint a ponty vagy a lazacfélék (Jauncey, 1979 in: Jouncey, 2000). Viola és Amidan (1980) kimutatták, hogy az *Oreochromis aureus* x *Oreochromis niloticus* hibrid takarmányának 5 %-os olaj kiegészítése a hasúri zsír jelentős felhalmozódásához vezet, ugyanakkor De Silva és mtsai. (1991) *O. mossambicus* x *O. niloticus* hibridnél 30 % fehérje és 18 % lipid alkalmazását javasolja a takarmányban, bár cikkükben nem ismertetik az általuk használt olajforrást. Chou és Shiau (1996) vizsgálatai alapján az *O. niloticus* x *O. aureus* hibrid takarmánybeli lipid szükséglete 12 %.

Takeuchi és mtsai. (1983) kukoricaolajat, szójaolajat, tökehalmáj olajat és marhafaggyút etettek nílusi tilápiával, és azt tapasztalták, hogy a nílusi tilápia növekedését szignifikánsan csökkentette a nagy n-3 PUFA

tartalmú halolajos takarmány etetése, szemben a kukorica, vagy szójaolajos takarmányokkal, míg a faggyút fogyasztó egyedek teljesítménye bizonyult a leggyengébbnek. Ez ellentétes volt a Santiago és Reyes (1993) által leírtakkal, akik azt tapasztalták, hogy a halolaj-kiegészítés jó növekedést eredményez, viszont rontja a szaporodást, az n-6 zsírsavak pedig növelik az ivás sikerességét. Visentainer és mtsai. (2005) a kontrollként használt napraforgóolaj helyett növekvő mennyiségű lenolajat adtak a nílusi tilápia takarmányához, amely sem a filé víztartalmát, sem a zsírtartalmát nem befolyásolta negatívan.

Da Silva és mtsai. (2010) azt tapasztalták, hogy a nílusi tilápia szívesebben választja a lenolajat és halolajat tartalmazó tápokat, mint a szójaolaj kiegészítésűt. A lenolajos tápot szignifikánsan nagyobb mértékben fogyasztották, mint a másik kettőt, míg a szójaolajos táp fogyasztása szignifikánsan elmaradt a hal- és lenolajos tápoktól. Ez feltehetően a len- és halolaj kedvezőbb ízének és a tilápia számára nagyobb tápértékének köszönhető.

Dos Santos és mtsai. (2011) a tilápia takarmányát konjugált linolsavval kiegészítve nem találtak különbséget a kontroll és kezelt csoportok tömeggyarapodása, takarmányfelvétele, takarmányértékesítése, filé kihozatala és megmaradása között. Az LA kiegészítés a teljes test fehérje tartalmát növelte, a filé lipidtartalmát viszont csökkentette. A kontroll csoporthoz képest nem változott a filé víztartó képessége. Az LA kiegészítés csökkentette a teljes test és a filé C18:3n-6, C18:3n-3 valamint C20:2n-6 szintjét, és növelte a C18:0-ét.

Általában az édesvízi halaknak, így a tilápiának is n-6-os (Lim és mtsai, 2011), míg a tengerieknek n-3-as zsírsavakra van szükségük. A nílusi tilápia számára az EFA igény 0,5-1 % LA vagy 1 % ARA (Teshima és mtsai, 1982; Takeuchi és mtsai, 1983). Annak ellenére, hogy a kereskedelmi

forgalomban kapható tápok főleg tengeri-halolajakat tartalmaznak, amelyek esszenciális n-3 zsírsavforrást jelentenek, néhány tanulmány bemutatta, hogy a halliszt alapú tilápia takarmányokban lehetséges a halolaj növényi olajokkal történő helyettesítése, anélkül, hogy az hátrányosan befolyásolná a tilápia növekedését, vagy takarmányértékesítését (Ng, 2006; Bahurmiz és Ng, 2007).

Az EFA hiánya csökkent növekedést, étvágytalanságot, az úszók sérülését és májelzsírosodást okoz (Tacon, 1985). Stickney és Wurts (1986) azt feltételezik, hogy az 1 %-ot meghaladó ALA tartalom csökkenti az *Oreochromis aureus* növekedését. Ezzel szemben Stickney és McGeachin (1983) azt feltételezik, hogy a takarmány 2,5 %-nál kisebb ALA tartalma az elfogadható. Olsen és mtsai. (1990) bizonyították, hogy a nílusi tilápia az LA és az ALA elongációjára és deszaturációjára egyaránt képes, de a hosszabb szénláncú n-3 és n-6 zsírsavak jelenléte csökkenti az átalakítás mértékét.

A PUFA-k kitettek az oxidációnak más néven avasodásnak. A PUFA-k oxidációjának termékei (peroxidok, hidroperoxidok, aldehidek és ketonok) önmagukban is mérgezőek, ráadásul más esszenciális táplálóanyagokkal reagálva csökkentik azok hozzáférhetőségét. Ezen felül kellemetlen mellékízt okoznak a takarmányban és az azt fogyasztó halban egyaránt. A lipidek avasodása számtalan patológiai tünetet okoz a tilápiákban (Soliman és mtsai, 1984).

3. CÉLKITŰZÉSEK

1. Vizsgálni kívántam, hogy különböző lipidforrások, úgyis mint a halolaj, és két növényi olaj, a szójaolaj, valamint a lenolaj hogyan befolyásolják az afrikai harcsa és a nílusi tilápia testösszetételét, különös tekintettel a filé kémiai összetételére, a filé zsírsav-profiljának változására, és a hagyományos húsminőségre. A nílusi tilápia esetében vizsgálni kívántam azt is, hogy ivar szerint milyen eltérések mutatkoznak a zsírsav-profilban.
2. Céлом volt annak meghatározása, hogy az általam vizsgált fajok esetében a takarmány megnövelt szeléntartalma milyen mértékben épül be a halak filéjébe.
3. Célul tűztem ki továbbá a funkcionális élelmiszer előállításának céljából alkalmazott szójaolaj és szelénkiegészítések megmaradásra, takarmányértékesítésre, tömeggyarapodásra gyakorolt hatásának vizsgálatát, a filé szeléntartalmának és zsírsav-profiljának nyomon követését.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

Jelen dolgozatban hat kísérlet kerül ismertetésre, melynek során 3-3 vizsgálatot állítottam be afrikai harcsa és nílusi tilápia fajokkal. A kísérletpárokat ugyanazon nevelőrendszerben, az első négy kísérletet időben eltolva, az 5. és 6. kísérletet pedig párhuzamosan végeztem el. Az 1. és 2. kísérletben afrikai harcsát, illetve nílusi tilápiát takarmányoztam állati és növényi eredetű (hal-, len-, és szójaolaj) zsírforrást tartalmazó takarmányokkal, a 3. és 4. vizsgálatban pedig különböző mértékű szelénkiegészítést tartalmazó takarmányokkal. Az 5. és 6. kísérletben a filé összetétel szempontjából legjobb eredményt hozó szelénkiegészítéssel és szójaolajjal kiegészített tápokkal takarmányoztam a halakat. A kísérletek fontosabb adatait az 1. táblázatban foglaltam össze.

1. táblázat: A vizsgálatok összefoglaló adatai

Kísérlet	Vizsg. faj	Vizsg. időtart.	Kezelés típusa	Kez. száma	Ismétl. száma	Vizsgált paraméter
1	afrikai harcsa	6 hét	12 % hal-, len- v. szójaolaj	3	2	termelési paraméterek, testösszetétel, zsírsavprofil, hagyományos húsmínőség
2	nílusi tilápia	6 hét	11 % hal-, len- v. szójaolaj	3	3	termelési paraméterek, testösszetétel, zsírsavprofil (filé, máj, hasúri zsír), hagyományos húsmínőség, ivar hatása a zsírsavprofilra
3	afrikai harcsa	6 hét	0,5 mg/kg, 2 mg/kg, 4 mg/kg Se kiegészítés + kontroll	4	2	termelési paraméterek, filé szeléntartalom
4	nílusi tilápia	6 hét	0,5 mg/kg, 2 mg/kg, 4 mg/kg Se kiegészítés + kontroll	4	3	termelési paraméterek, testösszetétel, filé szeléntartalom
5	afrikai harcsa	8 hét	10 % szójaolaj + 4 mg/kg Se; kontroll	2	3	termelési paraméterek, testösszetétel, zsírsavprofil, szeléntartalom
6	nílusi tilápia	8 hét	10 % szójaolaj + 2 mg/kg Se; kontroll	2	3	termelési paraméterek, testösszetétel, zsírsavprofil, szeléntartalom

4.1. A kísérleti állományok származása és elhelyezése

A kísérleteket a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Hallaboratóriumában végeztem. A vizsgálatokban piaci méretű afrikai

harcsát, illetve nílusi tilápiát alkalmaztam. Az egyes kísérletekhez az afrikai harcsa állományokat a Szarvas-fish Kft. szarvasi, illetve tukai telepéről szállították Kaposvárra. A nílusi tilápia állományok minden esetben a Szarvas-fish Kft. tukai telepéről származtak.

A halak fogadásakor arra törekedtem, hogy a szállító- és fogadóvíz hőmérséklete azonos legyen. A beérkezett halakat azonnal a kísérlet helyül szolgáló recirkulációs rendszerű kádakban helyeztem el és antibiotikus fürdetést alkalmaztam. A kádakat fekete fóliával takartam le abból a célból, hogy a halaknak stresszmentes környezetet biztosítsak. A kísérlet kezdetétől az afrikai harcsákat kereskedelmi forgalomban kapható afrikai harcsa táppal, a nílusi tilápiákat pedig kereskedelmi forgalomban kapható tilápia táppal takarmányoztam. A kísérlet megkezdése előtt a halakat, az állomány állapotától függően 2-3 hétig szoktattam az új környezethez.

4.2. Tartási körülmények és környezeti tényezők

Az 1. és 2. kísérletet egy 10 m^3 hasznos térfogatú recirkulációs rendszerben végeztem. A kísérleti blokk 12 db 1 m^3 térfogatú kádból állt, amelyhez egy biológiai szűrő egység, és 1600 l össztérfogatú ülepítő kádak tartoztak. Az ülepítő kádak közül egyet Raschel-hálóval, kettőt pedig aprókavicssal töltöttek fel felületnövelés és mechanikai szűrés céljából. A 3-6. kísérletet már a felújított recirkulációs rendszerben végeztem el, melynek hasznos térfogata 20 m^3 , a további felépítése pedig a fentiekkel megegyező. A kísérleti blokk a 3. kísérlet során 15 db 1 m^3 térfogatú kádból állt, melyek vízszintjét az 4-6. kísérlet során úgy állítottam be, hogy azok 500 l vizet tartalmazzanak. A kádakat egyedileg levegőztettem, és mindegyiknek külön csapról biztosítottam a folyamatos, $2,5\text{ l/perc}$ sebességű vízfolyást. A napi vízcseré 10 % körül alakult, amelynek pótlása csapvízzel történt. A nílusi

tilápiával folytatott kísérletek során sem mesterséges megvilágítást, sem sötétítést nem alkalmaztam. Az afrikai harcsával folytatott vizsgálatok során a kádakat fekete fóliával takartam a stressz csökkentése, és az agresszió megelőzése céljából. A fóliát csak az etetések és a kádak tisztításának idejére távolítottam el. Az első két kísérlet során a vízhőmérséklet $28 \pm 0,5$ (afrikai harcsa), illetve $27,9 \pm 1,1$ °C-os (nílusi tilápia), a 3-6. kísérlet során $23,5 \pm 1,0$ °C-os volt.

4.3. Kísérleti beállítások

4.3.1. A hal-, len- és szójaolaj kiegészítés hatásának vizsgálata az afrikai harcsa zsírsav-profiljára és a hagyományos húsminőségre

A 42 napos kísérletben kádanként 60-65 kg tömegű piaci méretű afrikai harcsát telepítettem 1 m³-es kádakba, amely megfelel a megszokott termelési körülményeknek. A kísérlet kezdetekor az átlagos testtömeg 1026 ± 121 g volt (n=374). A kísérlet kezdetekor, a 3. és a 6. héten minden halat egyedileg megmértem.

A vizsgálat során egy 6 % (a takarmány összetevőiből származó) zsírtartalmú takarmányban halolajjal, lenolajjal, illetve szójaolajjal 12 %-ra (+6 %) emeltem a zsír arányát. Mind a három kísérleti tápot két-két véletlenszerűen kiválasztott kádban etettem, kontrollként a halolajjal dúsított tápot használtam. A pelletált takarmányt, melynek szemcsemérete 5 mm volt, napi 6 alkalommal, (6 és 18 óra között) *ad libitum* kínáltam fel. A vizsgálat során alkalmazott takarmányok összetételét a Mellékletek 1. táblázatában mutatom be.

A kísérlet kezdetekor, a 3. és a 6. héten minden kezelésből, 5-5 halból mintát vettem kémiai analízishez, ahol a halak filéjének kémiai

összetétele, illetve zsírsav-profilja került meghatározásra. Vizsgáltam a kezelések hatását a halak növekedésére, takarmányértékesítésére és megmaradására. A hagyományos húsminőség vizsgálatakor mértük a 45 perces és 24 órás pH-t, a hús színét, a csepegési, főzési és felengedtetési veszteséget.

4.3.2. A hal-, len-, és szójaolaj kiegészítés hatásának vizsgálata a nílusi tilápia zsírsav-profiljára, a hagyományos húsminőségre, továbbá az ivar és a különböző olajforrások együttes hatásának vizsgálata a zsírsav-profilra

A 42 napos kísérletben kádanként 65, összesen 11-12 kg tömegű piaci méretű nílusi tilápiát telepítettem 1 m³-es kádakba. A kísérlet kezdetekor az átlagos testtömeg $175,3 \pm 7,8$ g volt (n=585). A kísérlet kezdetekor, a 3. és a 6. héten minden halat egyedileg megmértem.

A vizsgálat során egy 6 % (a takarmány összetevőiből származó) zsírtartalmú takarmányban halolajjal, lenolajjal, illetve szójaolajjal 11 %-ra (+5 %) emeltem a zsír arányát. Mind a három kísérleti tápot három-három véletlenszerűen kiválasztott kádban etettem, kontrollként a halolajjal dúsított tápot használtam. A pelletált takarmányt, melynek szemcsemérete 5 mm volt, napi 3 alkalommal, (6 és 18 óra között) *ad libitum* kínáltam fel. A vizsgálat során alkalmazott takarmányok összetételét a Mellékletek 2. táblázata mutatja.

A kísérlet kezdetekor, a 3. és a 6. héten minden kezelésből, 6-6 hímivarú halból mintát vettem kémiai analízishez, ahol a halak filéjének kémiai összetétele, illetve a 6. heti adatokból a filé, a máj és a hasúri zsír zsírsav-profilja került meghatározásra. Vizsgáltam a kezelések hatását a halak növekedésére, takarmányértékesítésére, filékihozatalára és megmaradására. A hagyományos húsminőség vizsgálatakor mértük a 45

perces és 24 órás pH-t, a hús színét, a csepegési és főzési veszteséget. Az ivar zsírsav-profilra gyakorolt hatásának meghatározásához a kísérlet végén minden kezelésből, 4-4 halból (két tejes, két ikrás), gonád-, valamint filé-mintát vettem kémiai analízishez, ahol a halak zsírsav-profilja került meghatározásra.

4.3.3. A különböző mértékű szelénkiegészítések hatásának vizsgálata az afrikai harcsa termelésére és a filé szeléntartalmára

A 42 napos kísérletben kádanként 40-45 kg tömegű piaci méretű afrikai harcsát telepítettem 1 m³-es kádakba. A kísérlet kezdetekor az átlagos testtömeg 1513±235 g volt (n=229). A halakat folyékony nitrogénnel egyedileg jelöltem. A kísérlet kezdetekor és befejezésekor minden halat digitális mérleggel egyedileg megmértem.

A vizsgálat során a takarmányokat 0,5 mg/kg, 2 mg/kg, illetve 4 mg/kg szelénnel egészítettem ki, szelén-esztő formájában (Cytoplex szelenit, Bata Bt.). Kontrollként kereskedelmi forgalomban kapható afrikai harcsa nevelőtápot alkalmaztam. Mind a négy kísérleti tápot két-két véletlenszerűen kiválasztott kádban ettettem. A pelletált takarmányt, melynek szemcsemérete 5 mm volt, napi 4 alkalommal, (9 és 18 óra között) *ad libitum* kínáltam fel. A takarmányfogyasztást naponta regisztráltam. A vizsgálat során alkalmazott takarmányok összetételét a Mellékletek 3. táblázata mutatja.

A kísérlet kezdetekor és a 6. héten minden kezelésből, 5-5 halból mintát vettem kémiai analízishez, ahol a filé szeléntartalma került meghatározásra. Vizsgáltam a kezelések hatását a halak növekedésére, takarmányértékesítésére, filékihozatalára és megmaradására.

4.3.4. A különböző mértékű szelénkiegészítések hatásának vizsgálata a nílusi tilápia termelésére és a filé szeléntartalmára

A 42 napos kísérletben kádanként 30, összesen kb. 10 kg tömegű piaci méretű nílusi tilápiát telepítettem 1/2 m³-es kádakba. A kísérlet kezdetekor az átlagos testtömeg 335,5±29 g volt (n=360). A kísérlet kezdetekor és befejezésekor minden halat digitális mérleggel egyedileg megmértem.

A vizsgálat során a takarmányokat 0,5 mg/kg, 2 mg/kg, illetve 4 mg/kg szelénnel egészítettem ki, szelénés élesztő formájában (Cytoplex szelenit, Bata Bt.). Kontrollként kereskedelmi forgalomban kapható afrikai harcsa nevelőtápot alkalmaztam. Mind a négy kísérleti tápot három-három véletlenszerűen kiválasztott kádban etettem. A pelletált takarmányt, melynek szemcsemérete 5 mm volt, napi 4 alkalommal, (9 és 18 óra között) *ad libitum* kínáltam fel. A takarmányfogyasztást naponta regisztráltam. A vizsgálat során alkalmazott takarmányok összetételét a Mellékletek 3. táblázata mutatja.

A kísérlet kezdetekor és befejezésekor minden kezelésből, 5-5 halból mintát vettem kémiai analízishez, ahol a filé kémiai összetétele és szeléntartalma került meghatározásra. Vizsgáltam a kezelések hatását a halak növekedésére, takarmányértékesítésére, filékihozatalára és megmaradására.

4.3.5. A szójaolaj- és szelénkiegészítés hatásának vizsgálata az afrikai harcsa húsminőségére

Az 56 napos kísérletben kádanként 31, összesen kb. 26 kg tömegű piaci méretű afrikai harcsát telepítettem 1/2 m³-es kádakba. A kísérlet kezdetekor az átlagos testtömeg 870±160 g volt (n=185). A kísérlet kezdetekor és befejezésekor minden halat digitális mérleggel egyedileg megmértem.

A vizsgálat során a takarmányokat 4 mg/kg szelénnel egészítettem ki, szelénes élesztő formájában (Cytoplex szelenit, Bata Bt.), továbbá 5 % szójaolajjal. Kontrollként kereskedelmi forgalomban kapható afrikai harcsa nevelőtápot alkalmaztam. Mind a két kísérleti tápot három-három véletlenszerűen kiválasztott kádban ettettem. A pelletált takarmányt, melynek szemcsemérete 5 mm volt, napi 4 alkalommal, (9 és 18 óra között) *ad libitum* kínáltam fel. A takarmányfogyasztást naponta regisztráltam. A vizsgálat során alkalmazott takarmányok összetételét a Mellékletek 4. és 6. táblázata mutatja.

A kísérlet kezdetekor és a 8. héten minden kezelésből, 6-6 halból mintát vettem kémiai analízishez, ahol a filé kémiai összetétele, szeléntartalma és a filé zsírsav-profilja került meghatározásra. Vizsgáltam a kezelések hatását a halak növekedésére, takarmányértékesítésére és megmaradására.

4.3.6. A szójaolaj- és szelénkiegészítés hatásának vizsgálata a nilusi tilápia húsminőségére

Az 56 napos kísérletben kádanként 35, összesen 12-14 kg tömegű piaci méretű nilusi tilápiát telepítettem 1/2 m³-es kádakba. A kísérlet

kezdetekor az átlagos testtömeg 393 ± 90 g volt ($n=210$). A kísérlet kezdetekor és befejezésekor minden halat digitális mérleggel egyedileg megmértem.

A vizsgálat során a takarmányokat 2 mg/kg szelénnel egészítettem ki, szelén-esetítő formájában (Cytoplex szelenit, Bata Bt.), továbbá 5 % szójaolajjal. Kontrollként kereskedelmi forgalomban kapható tilápia nevelőtápot alkalmaztam. Mind a két kísérleti tápot három-három véletlenszerűen kiválasztott kádban etettem. A pelletált takarmányt, melynek szemcsemérete 5 mm volt, napi 4 alkalommal, (9 és 18 óra között) *ad libitum* kínáltam fel. A takarmányfogyasztást naponta regisztráltam. A vizsgálat során alkalmazott takarmányok összetételét a Mellékletek 5. és 6. táblázata mutatja.

A kísérlet kezdetekor, és a 8. héten minden kezelésből, 6-6 halból mintát vettem kémiai analízishez, ahol a filé kémiai összetétele, szeléntartalma és a zsírsav-profilja került meghatározásra. Vizsgáltam a kezelések hatását a halak növekedésére, takarmányértékesítésére és megmaradására.

4.4. A kísérleti takarmányok

A kísérletekben alkalmazott pelletált takarmányokat a szarvasi HALTÁP Kft. készítette el számomra, az előre egyeztetett receptúra szerint. Az első kísérletpárban a 6% zsírtartalmú komplett alaptápot szója-, len-, vagy halolajjal az afrikai harcsa esetében 12 % zsírtartalomra, a nilusi tilápia esetében 11 % zsírtartalomra egészítették ki. A második kísérletben a takarmányokat 0,5 mg/kg, 2 mg/kg, illetve 4 mg/kg szelénnel egészítették ki, szelén-esetítő formájában (Cytoplex szelenit, Bata Bt.). A 3. kísérlet párban a takarmányokat 10% szójaolajjal, valamint az afrikai harcsa

esetében 4 mg/kg szelénnel (szelénes élesztő, Cytoplex szelenit, Bata Bt.), a nílusi tilápia esetében pedig 2 mg/kg szelénnel (szelénes élesztő, Cytoplex szelenit, Bata Bt.) egészítették ki.

A kísérletekben alkalmazott takarmányok összetételét és zsírsav-profilját a Mellékletek 1., 2., 3., 4., 5., 6. táblázatában foglaltam össze.

A takarmányok zsírsav analízisét az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézetben végezték el számomra. A takarmányok szeléntartalmát a Kaposvári Egyetem Analitikai Laboratóriumában határozták meg.

4.5. Mérés, adatfelvétel és kiértékelés

4.5.1. Mérések, származtatott mutatók kiszámítása

Minden kísérlet elején és végén, valamint az 1. és 2. kísérletben a 3. héten is egyedileg mértem a halak testtömegét digitális mérleg segítségével, 1,0 g pontossággal. Az átlagos tömeggyarapodás (g/nap) mellett a halak növekedési sebességét (SGR) is kiszámoltam az alábbi egyenlet alkalmazásával:

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

W_t a befejező, W_i az induló testtömeget (g), t az eltelt időt (nap) jelöli.

Naponta mértem az etetett takarmány mennyiségét (g). Az etetett takarmány mennyiségéből megkaptam a takarmányfogyasztást (F ; g). A takarmányértékesítést (FCR; g/g) minden kísérletben az elfogyasztott összes takarmány (g) és a tömeggyarapodás (g) hányadosaként számoltam:

$$FCR = F / (W_t - W_i) \text{ (g/g)}, \text{ ahol}$$

F az elfogyasztott takarmány mennyisége grammban kifejezve, Wt a befejező, míg Wi az induló átlagtömeg (g).

A filékihozatal meghatározásához (FY; %), a következő képletet használtam:

$$FY = (100 \times \text{filé tömeg}) / \text{testtömeg}$$

A megmaradás kiszámítása az alábbi módon történt:

$$\text{Megmaradás} = (100 \times \text{megmaradt halak száma}) / \text{összes hal száma}$$

Az aterogén index (IA) és a trombogénikus index (IT) kiszámítása Ulbricht és Southgate (1991) alapján történt az alábbi módon:

$$IA = [12:0 + (4 \times 14:0) + 16:0] / [(PUFA \text{ n-6} + \text{n-3}) + 18:1 + \text{egyéb MUFA}];$$

$$IT = [14:0 + 16:0 + 18:0] / [0.5 \times 18:1 + 0.5 \times \text{egyéb MUFA} + 0.5 \times \text{n-6}$$

$$PUFA + 3 \times \text{n-3 PUFA} + (\text{n-3 PUFA} / \text{n-6 PUFA})].$$

4.5.2. Mintavétel, kémiai analízis

Az egyes kísérletek során alkalmazott mintaszámokat a 2. táblázat szemlélteti.

2. táblázat: A mintaszámok alakulása az egyes kísérletekben

	0. hét (db)	3. hét (db/kezelés)	6. hét (db/kezelés)	8. hét (db/kezelés)
1. kísérlet	5	5	5	-
2. kísérlet	6	6	6 + 2 tejes, 2 ikrás	-
3. kísérlet	5	-	5	-
4. kísérlet	5	-	5	-
5. kísérlet	6	-	-	6
6. kísérlet	6	-	-	6

A mintavétel előtt a halakat szegfűszegolajjal, vagy Norcaicummal (Egis, Budapest, Hungary) elkábítottam, majd kiirtottam. Az 1. és 2. kísérletben a vizsgálatokhoz szükséges filé minta a bal oldali filé dorso-laterális részéből származott. A 3-6. kísérletben ugyancsak a bal oldali filé dorso-laterális részéből vettem mintát a szeléntartalom meghatározásához. A 4-6. kísérletben a filé kémiai összetételének meghatározása szintén a baloldali filéből származó mintákból történt. Az 5. és 6. kísérletben a zsírsav-profil meghatározásához a minták a jobb oldali filéből származtak. A 2. kísérletben a májból és a hasúri zsírból is mintát vettem azok zsírsav-összetételének meghatározásához.

A filé kémiai összetételének, valamint szeléntartalmának meghatározását a Kaposvári Egyetem Analitikai Laboratóriuma végezte el. A hagyományos húsmínőség vizsgálata az Állatitermék Minősítő Laboratóriumban történt. A zsírsav-profil meghatározására az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézetben került sor.

A filé és a takarmányok szárazanyag tartalmának meghatározása 103 °C-on és 13,3 KPa vákuumon, tömegállandóságig való szárítást követően történt. A nyerszsír tartalmat a fagyasztva szárított minták petroléteres extrakciójával, majd az extraktum 103°C-on tömegállandóságig való szárításával az ISO 6492 (1985) alapján állapították meg. A nitrogén tartalmat a mintákból Kjeldahl analízissel határozták meg ISO 5983 (1997) alapján. A hamutartalmat a szárított minták égetőkemencében 550 °C-on történő elhamvasztásával az ISO 5984 (1978) alapján adták meg. A szeléntartalom meghatározásához a feltárást nedves roncsolással végezték, majd a minta savas oldatához 2,3-diamino-naftalin reagens-oldatot adtak, és a kapott piazzselenol-komplexet fluorimetriásan (Shimadzu RF-1501) mérték. A fluorimetriás mérés során a gerjesztési hullámhossz 380 nm, a mérési hullámhossz 519 nm volt (Csapó, 2001).

A filé és a máj zsírtartalmát zsírsavprofil-elemzés céljából Folch és mtsai. (1957) módszere szerint vontuk ki a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Állatitermék Minősítő Laboratóriumában. A nyers mintákat kloroform/metanol 2:1 arányú elegyének hozzáadásával homogenizáltuk. A komplex lipideket BF_3 -mal és metanollal transzmetiláltuk ISO 15304 (2002) eljárás alapján. A hexánban oldott mintákból 1 ml mennyiséget gázkromatográfiás zsírsavanalízisre küldtem.

A zsírsav metil-észetereket az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézetben, Shimadzu 2100 (Kyoto, Japán), illetve Agilent Technologies (Santa Clara, CA, USA) 6890 N típusú SP-23804 kapilláris oszloppal (30 m x 0,25 mm ID, 0,20 μm film, (Supelco, Bellefonte, PA, USA)) és egy lángionizációs detektorral felszerelt gáz-folyadék kromatográf készülékekkel elemezték. A beállítások a következők voltak: injektor hőmérséklet 270 °C, detektor hőmérséklet 300 °C, hélium áram: 28 cm/sec. A fűtőtér hőmérséklet 80 °C-ról 205 °C-ra 2,5 °C/perccel, 205-ről 250 °C-ra 10 °C/perccel változott, 205 °C-on és 250 °C-on 5-5 percet tartották. A zsírsavakat egy zsírsav standard (Mixture Me105 Larodan Fine Chemicals, AB, Sweden) alkalmazásával a retenciós idők alapján határozták meg. A zsírsavak mennyiségét az összes zsírsav tömegszázalékában (w %) fejeztem ki. A zsírsavak arányának ismeretében meghatároztam kezelésként a telített (SFA), az egyszeresen telítetlen (MUFA), a többszörösen telítetlen (PUFA), az n-3-as, n-6-os zsírsavak részarányát és megadtam az n-6/n-3 mutatót.

A hagyományos húsminőség vizsgálat során a filé pH-ját 45 perccel és 24 órával vágás után Testo 205 pH mérővel (Testo AG, Lenzkirch, Németország) határozták meg. A friss filé színét (CIE Lab, L^* – világosság, a^* – pirosasság, b^* – sárgasság) Minolta ChromaMeter 300 műszerrel mérték (Minolta, Osaka, Japán). A csepegési veszteséget Honikel (1998)

szerint határozták meg, az alábbi módon: 50 g súlyú filé mintát lehegesztett fóliába csomagolva 24 órára hűtőszekrénybe helyeztek majd visszamérték. A csepegési veszteséget a következő képlettel kapjuk meg:

$$\text{Csepegési veszteség (\%)} = \frac{\text{tárolás előtti súly(g)} - \text{tárolás utáni súly(g)}}{\text{tárolás előtti súly(g)}} \times 100$$

A főzési veszteség meghatározásához 100 g filé mintát légmentesen lezárt zacskókba helyeztek, 75 °C-on 1 órán át főzték, majd egy nap után visszamérték. A főzési veszteséget a következő képlettel kapjuk meg:

$$\text{Főzési veszteség (\%)} = \frac{\text{nyers hús tömege(g)} - \text{főtt hús tömege(g)}}{\text{nyers hús tömege(g)}} \times 100$$

A felengedtetési veszteség meghatározásához 25 g filé mintát –20 °C-on lefagyasztanak, majd két nap után szobahőmérsékleten felengedtetik és visszamérik. A felengedtetési veszteséget a következő képlettel kapjuk meg:

$$\text{Felengedtetési veszteség(\%)} = \frac{\text{fagyasztás előtti súly(g)} - \text{felengedtetés utáni súly(g)}}{\text{fagyasztás előtti súly(g)}} \times 100$$

4.5.3. Statisztikai feldolgozás

A statisztikai értékelést SPSS for Windows 10.0 programcsomag (1999) segítségével végeztem el. Az 1. és 2. kísérletben a kezelések hatását a filé, a máj és a hasúri zsír zsírsav-összetételére, a filé kémiai összetételére, valamint a hagyományos húsminőségi mutatók alakulására többtényezős varianciaanalízissel (GLM Univariate ANOVA) értékeltem, amely után

Tukey post hoc tesztet futattam le. Kovariánsnak a testtömeget választottam, míg a kezelés hossza és a zsírsavforrás fix változók voltak a modellben.

A 3-6. kísérletek során kapott növekedés, takarmányértékesítés, megmaradás, továbbá filé-, illetve zsírsav-összetétel, szeléntartalom és húsminőség adatokat egytényezős varianciaanalízissel (one-way ANOVA) értékeltem.

Az egytényezős varianciaanalízis során Tukey post hoc teszteket futtattam le, $P=0,05$ -ös szignifikanciaszinten. Mivel egyedi jelölést a 4. kísérlet kivételével nem alkalmaztam, ezért kádátlagokat értékeltem a növekedés, a takarmányértékesítés, és a megmaradás esetében.

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

5.1. A hal-, len- és szójaolaj kiegészítés hatása az afrikai harcsa termelésére, zsírsav-profiljára és a hagyományos húsminőségre

5.1.1. A termelési paraméterekre vonatkozó eredmények

A termelési mutatók vizsgálata során az egyes kezelések között nem találtam szignifikáns eltérést, ugyanakkor a legjobb napi testtömeggyarapodást, specifikus növekedési sebességet, takarmányértékesítést és megmaradást a szójaolajos (SO) kiegészítésű csoport érte el (3. táblázat). Ng és mtsai. (2003) a pálmaolajjal és napraforgó-olajjal etetett afrikai harcsáknál nagyobb növekedést értek el a nagy n-3 PUFA tartalmú takarmányokhoz képest, amelyek tökehalmáj-olajat tartalmaztak. Számos más tanulmány is hasonló eredményt közölt, amikor a telített zsírsavakban viszonylag gazdagabb takarmányok az afrikai harcsa jobb növekedését eredményezték (Hoffman és mtsai., 1995; Legendre és mtsai., 1995). Ezzel szemben a csatornaharcsa a halolajat jobban fel tudja használni a növekedéshez, mint a növényi olajforrásokat (Manning és mtsai., 2006). A takarmányértékesítés mindhárom kezelés esetében kedvezően alakult: 1,23-1,62 kg/kg között változott. A megmaradás jónak volt mondható, míg a specifikus növekedési ráta (0,7 %/nap) elmaradt a várakozásoktól, ami a piaci méretű állomány gyengébb növekedési erélyével magyarázható.

3. táblázat: A különböző termelési mutatók alakulása a 6. héten a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett afrikai harcsánál (átlag±szórás)

Kezelés (táp)	Napi ttgy. (g/nap)	SGR. (%/nap)	Megmaradás (%)	FCR. (kg/kg)
Halolajos	9,34±6,32	0,64±0,28	88,4±2,65	1,62±0,04
Lenolajos	9,62±2,60	0,72±0,06	89,71±1,17	1,5±0,16
Szójaolajos	10,99±4,38	0,79±0,16	91,69±1,34	1,23±0,07

5.1.2. A filé kémiai összetételének és a hagyományos húsmínőségi mutatók alakulása

Sem a különböző kezelések, sem a kezelés hossza nem befolyásolta szignifikánsan a filé szárazanyag, nyersfehérje és nyerszsír tartalmát (4. táblázat).

A takarmány zsírforrásának csak két húsmínőségi mutató, (a pH45 és a b* érték) alakulására volt szignifikáns hatása (5. táblázat), a filé víztartó-képességét nem befolyásolta szignifikáns mértékben (3. ábra). A kísérlet befejezésekor a lenolajos (LO) kiegészítésű csoport pH45 értéke szignifikánsan magasabb volt, mint a SO csoporté. A sárgasság értéke a harmadik heti mérésnél, az SO kiegészítésű csoportnál szignifikánsan eltért a másik két kezeléshez képest, ez a különbség azonban a 6. hétre megszűnt. Flis és mtsai. (2007) szintén leírták a sárgasság értékének megváltozását a takarmányozás hatására.

Az etetés hosszának több mutatóra is szignifikáns hatása volt, így a pH45-re, a pH24-re, az L* értékre, a csepegési, a főzési és a felengedtetési veszteségre. A pH45 az LO kezelésnél a kiinduló értékhez képest csökkent a 3. hétre, azonban a 6. hétre visszaállt a kezdeti szintre. A pH24 hasonló tendenciát mutatott, azzal a különbséggel, hogy a 6. hétre csak

megközelítette a kiinduló értéket, de nem érte el azt. A halolajos (HO) kezelés esetében a pH45 mindvégig kisebbnek bizonyult, mint a kiinduló érték, míg a pH24 a 3. heti visszaesést követően újra növekedni kezdett, bár az eredeti szintet nem érte el. A HO kezelésnél az L^* érték a 3. hétre megnőtt, majd szintén visszatért a kiinduló értékre.

A filé minőségével kapcsolatban a legérdekesebb eredmény a kezelés hosszának a filé víztartó-képességére gyakorolt hatása (3. ábra). A csepegési veszteség az LO és HO kezelés esetében, a főzési veszteség pedig az SO csoportnál nőtt a 3. hétre, viszont később visszatért az eredeti szintre. Ez egy hosszabbtávú alkalmazkodási folyamat eredménye lehet, nevezetesen, hogy a nagy lenolaj és halolaj tartalmú tápokra való áttérés in vivo lipid peroxidációhoz vezetett, amelyet később az antioxidáns rendszer adaptációja ellensúlyozott. Szabó (2004) nagyon hasonló jelenséget figyelt meg házinyúl vázizomzatában és nílusi tilápiánál (nem közölt megfigyelés), amikor a telített zsírsavakban gazdag takarmányokat PUFA-ban gazdag takarmányokra cserélte. A főzési veszteség a HO csoportnál szignifikánsan, közel 4 %-kal megnőtt a kiinduló értékhez képest. A felengedtetési veszteség az LO és HO kezelés esetében megnőtt, a SO kezelésnél változatlan maradt. Az afrikai harcsa filéjének víztartó-képességét a takarmány PUFA tartalma és az oxidáció mértéke is befolyásolja (Baker, 1997), szívárványos pisztrángnál, pedig az életkornak is hatása van rá (Werner és mtsai., 2008).

Az a tény, hogy a zsírsav-forráshoz képest a kezelés hosszának hatása sokkal kifejezettebb a hagyományos húsminőségi mutatókra arra utal, hogy a befejező táp 3 hetes etetése nem mindig elegendő a filé húsminőségének kívánt módosításához. Ezt a feltételezést támasztja alá Torstensen és mtsai. (2004b) ajánlása is, akik a nemes lazac filé zsírsav-

profiljának megváltoztatására 25 hetet fordítottak, továbbá Baker (1997) 56 napos időszakról számolt be afrikai harcsánál.

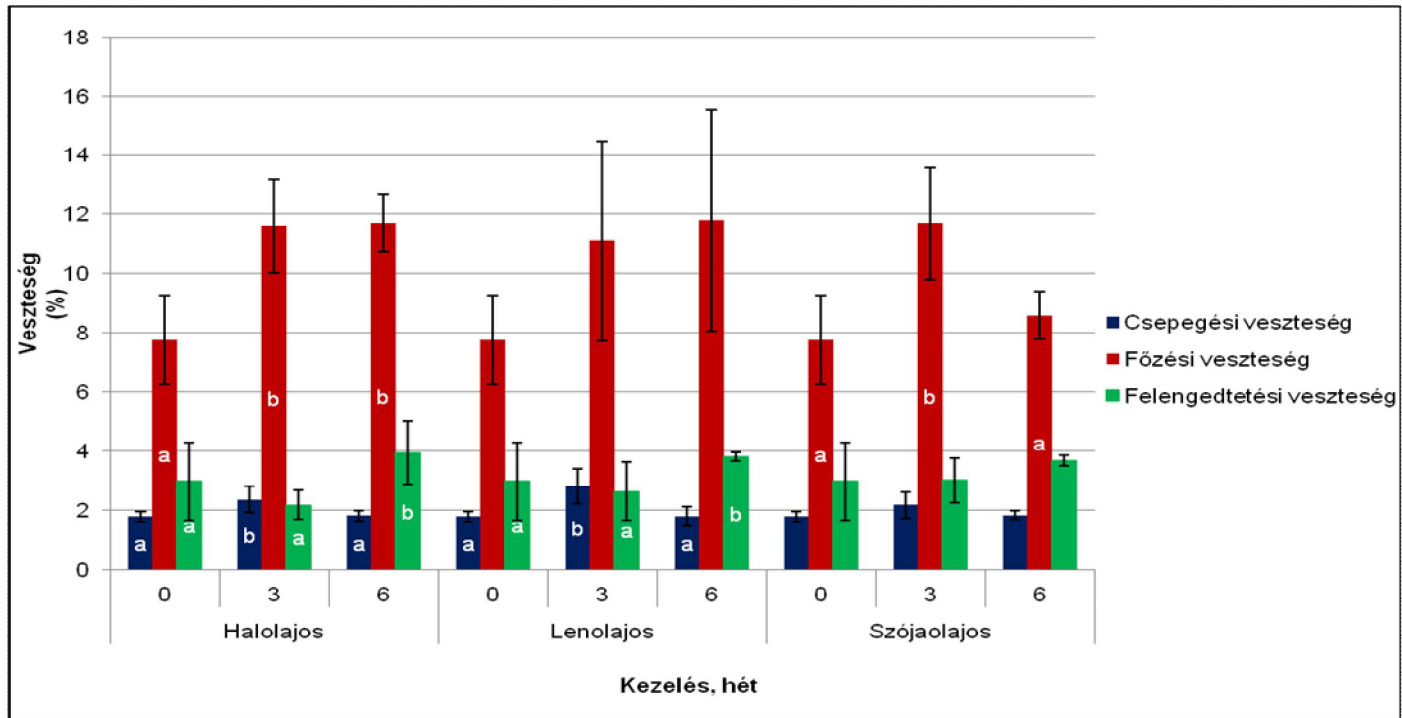
4. táblázat: A filé kémiai összetétele a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett afrikai harcsánál
(átlag±szórás)

Kezelés (táp)	Halolajos			Lenolajos			Szójaolajos		
Időpont (hét)	0	3	6	0	3	6	0	3	6
Szárazanyag (%)	22,8±1,11	21,8±1,04	22,6±0,93	22,8±1,11	22,2±0,54	23,1±,35	22,8±1,11	22,1±0,53	22,9±1,14
Nyersfehérje (% Sza)	73,6±5,80	80,4±2,67	73,6±4,59	73,6±5,80	77,3±3,12	77,9±2,41	73,6±5,80	79,1±1,50	73,0±2,18
Nyerszsír (% Sza)	23,6±5,85	16,9±2,16	24,0±4,67	23,6±5,85	20,3±3,45	19,7±2,54	23,6±5,85	18,2±1,90	24,2±2,95

5. táblázat: A hagyományos húsminőségi mutatók alakulása a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett afrikai harcsa filében (átlag±szórás)

Kezelés (táp)	Halolajos			Lenolajos			Szójaolajos		
Időpont (hét)	0	3	6	0	3	6	0	3	6
pH45	6,93±0,04 ^b	6,56±0,06 ^a	6,73±0,12 ^{aAB}	6,93±0,04 ^b	6,45±0,25 ^a	7,04±0,11 ^{bB}	6,93±0,04	6,73±0,08	6,87±0,18 ⁴
pH24	6,01±0,01 ^b	5,88±0,04 ^a	5,95±0,09 ^{ab}	6,01±0,01 ^a	5,88±0,08 ^b	5,92±0,06 ^{ab}	6,01±0,01	5,90±0,10	5,89±0,05
L*	48,10±1,28 ^a	53,40±1,18 ^b	50,22±1,18 ^a	48,10±1,28	50,8±4,49	49,10±3,44	48,10±1,28	50,60±0,66	50,20±2,86
a*	-1,65±1,88	-1,90±0,91	-2,11±0,73	-1,65±1,88	-2,11±1,23	-3,19±0,44	-1,65±1,88	-2,06±1,18	-1,34±1,90
b*	4,41±1,75	7,21±0,37 ^A	4,55±0,86	4,41±1,75	5,23±0,67 ^A	4,46±1,34	4,41±1,75	5,42±1,13 ^B	5,15±0,10

A különböző kisbetűk a kezeléseken belüli, a különböző nagybetűk a kezelések közötti szignifikáns eltéréseket jelölik.



A különböző kisbetűk a kezeléseken belüli szignifikáns eltéréseket jelölik

3. ábra: A filé víztartó-képességének alakulása a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett afrikai harcsa filében

5.1.3. A filé zsírsav-profiljának alakulása a különböző zsírforrások és a kezelés hosszának hatására

A filé zsírsav-profiljára a kezelés hossza és a különböző zsírforrások egyaránt jelentős hatást gyakoroltak. Az n-3-as zsírsavak aránya a HO és SO kiegészítésű csoportokban szignifikánsan megnőtt, míg az LO csoportban nem szignifikáns növekedés volt kimutatható (Mellékletek 7. táblázat). Az ALA aránya mindhárom kezelésnél szignifikánsan nőtt, habár a SO csoport kisebb arányt ért el a HO kezeléshez képest, annak ellenére, hogy a szójaolajjal dúsított takarmány kétszeres mennyiségben tartalmazott ALA-t az utóbbihoz képest. Természetesen az egy nagyságrenddel nagyobb ALA kiegészítés jelentősen megnövekedett filé ALA tartalomhoz vezetett a lenolaj kiegészítésű csoportban. Az ALA beépülésének háttere az a jól ismert jelenség lehet, miszerint az ALA elongációja és deszaturációja a halakban növekszik, ha a halolaj helyett növényi olajokat etetünk. Ezt a jelenséget Bell és mtsai. (2001) nemes lazacnál is leírták. A filé EPA (C20:5n-3) tartalma a takarmány EPA tartalmának megfelelően nőtt. A kétszeres takarmánybeli EPA tartalom (HO szemben az SO-val) közel kétszeres EPA tartalomhoz vezetett a HO csoport filéjében. Bár az SO és LO kezeléseknél a takarmány EPA tartalma közel azonos volt, végül a filé EPA tartalma az LO kezelésben magasabbnak bizonyult. Ez azzal magyarázható, hogy a lenolajos takarmány nagy mennyiségben tartalmazta az EPA prekursor zsírsavát, az ALA-t. A filé EPA tartalmának alakulásában tehát feltehetően nagyon hangsúlyos szerepet játszik a takarmány hatása és a belső zsírsavsztézis. A dokozapentaénsav (C22:5n-3, DPA) és DHA (C22:6n-3) mennyisége a filében a takarmányban megemelt mennyiséggel arányosan változott. A DPA és DHA mennyisége a HO és LO csoportokban szignifikánsan nagyobb volt az SO csoporthoz képest. Ha kis mértékben is,

de a filé DPA és DHA tartalma esetében is megfigyelhető volt a takarmánybeli prekursor (ALA) hatása, ugyanis azonos DPA és EPA (SO és LO) tartalom mellett az LO csoport filéjének DPA és DHA tartalma szignifikánsan nagyobb volt. Ahogyan az várható volt, a HO kezelésben a kiinduló és 3. heti értékekhez képest a DPA és DHA tartalom szignifikánsan megnőtt a 6. hétre. Bár a halolaj növényi olajokkal történő helyettesítése nem minden esetben eredményezett hasonlóan kedvező zsírsav-profilt az afrikai harcsa filéjében, azt is figyelembe kell venni, hogy a HO takarmány EPA, DPA és DHA is tartalma nagyobb volt, amely valószínűleg a közvetlen beépülésnek köszönhetően ezen zsírsavak nagyobb filébeli arányát eredményezte.

Az n-6-os zsírsavak aránya a SO, LO kezeléseknél nem változott, a HO csoportnál, a takarmány kisebb n-6 tartalmát tükrözve csökkent. Az LA aránya csak a HO csoport filéjében csökkent, a takarmány alacsony LA tartalmának megfelelően. Ezzel szemben az ARA (C20:4n-6) nem mutatott jelentős csökkenést egyik kezelésben sem, annak ellenére, hogy az SO és LO kezelések takarmánya kisebb mennyiséget tartalmazott ebből a zsírsavból, mint az alaptáp. A takarmányok jelentősen megváltoztatott n-3 és n-6 mennyisége hatékonyan csökkentette a HO és LO kezelések filéjének n-6/n-3 arányát.

A kísérlet eredményei alapján úgy tűnik, hogy a hagyományos tápokhoz képest nagy n-3 zsírsav kiegészítés elsősorban az n-3-as zsírsavak bioszintézisének lépéseit aktiválta az n-6-os zsírsavak szintézisének kárára. Utóbbi megállapítást az is alátámasztja, hogy a filében az n-6-os zsírsavak mennyisége alig változott, illetve a Ruyter és mtsai. (2000), által leírtak is megerősítik, miszerint az LA és ARA közötti átalakulás mértékét a takarmány n-3-as zsírsavainak egyensúlya befolyásolja. Mivel a bioszintézis során mindkét folyamatot (azaz az n-3 és n-6 deszaturációt) a $\Delta 6$ deszaturáz

katalizálja, a nagy takarmánybeli ALA mennyiség versenyezhet a LA-val az enzimért (Miller és mtsai., 2007). Ezen felül az elongáló és deszaturációs enzimek affinitása nagyobb az n-3-as zsírsavakhoz, mint az n-6-os és n-9-esekhez (Stubhaug és mtsai., 2005b).

5.2. A hal-, len-, és szójaolaj kiegészítés hatása a nílusi tilápia termelésére, zsírsav-profiljára és hagyományos húsminőségére, továbbá az ivar és a különböző olajforrások együttes hatása a zsírsav-profilra

5.2.1. A termelési mutatókra vonatkozó eredmények

A termelési mutatókban az egyes kezelések között nem volt szignifikáns eltérés. A viszonylag gyenge, 0,7 % körüli specifikus növekedési sebesség az időközben ivaréretté vált állomány alkalmankénti szaporodásával magyarázható (6. táblázat). Ilyenkor az ikrások az ivadékok gondozása miatt nem táplálkoztak. A megmaradás jónak volt mondható.

6. táblázat: A különböző termelési mutatók alakulása a 6. héten a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nílusi tilápiánál (átlag±szórás)

Kezelés (táp)	Napi ttgy. (g/nap)	SGR (%)	Megmaradás (%)	FCR (kg/kg)
Halolajos	1,6±0,1	0,77±0,03	92,3±0,9	1,83±0,06
Lenolajos	1,43±0,09	0,71±0,02	92,3±0,9	1,97±0,09
Szójaolajos	1,36±0,07	0,66±0,03	90,8±0,9	2,06±0,15

A filé tömeg és a filé arány megfelelt a fajra jellemző értékeknek (7. táblázat).

7. táblázat: A testtömeg, a filé tömeg és a filé arány alakulása a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nílusi tilápiánál

Kezelés	Testtömeg (g)	Filé tömeg (g)	Filé arány (%)
Induló	173,0	59,7	34,5
Halolaj 3 hetes	166,5	46,1	27,7
Halolaj 6 hetes	250,8	75,2	30,0
Lenolaj 3 hetes	171,5	46,6	27,2
Lenolaj 6 hetes	257,8	76,1	29,5
Szójaolaj 3 hetes	199,8	52,7	26,4
Szójaolaj 6 hetes	232,7	68,5	29,4

5.2.2. A filé kémiai összetételének és a hagyományos húsminőségi mutatók alakulása

Sem a különböző kezelések, sem a kezelés hossza nem befolyásolta szignifikánsan a filé szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír és nyershamu tartalmát (8. táblázat).

A pH 24 értéke a HO és LO kezelésnél már a 3. héten szignifikánsan csökkent a kiinduló értékhez képest (9. táblázat). Az SO csoportnál ugyanez a szignifikáns csökkenés csak a 6. hétre következett be. A világosság (L*) érték a HO kezelés esetében szignifikánsan csökkent a 3. hétre, majd azt követően visszaállt az eredeti szintre. Az LO kezelés esetében hasonló csökkenés volt megfigyelhető, ott azonban az L* érték a 6. héten csak megközelítette a kiinduló szintet, de nem érte el azt. A pirosasság (a*) mindhárom kezelés esetében szignifikánsan nőtt. Az SO kezelés szignifikánsan kisebb L* értékkel bírt, mint a HO kezelés. A csepegési

veszteség mindhárom kezelésnél nőtt - az LO és SO csoportokban szignifikánsan - a 3. hétre, majd azt követően a SO kezelés esetében csökkent a 6. hétre, a HO és LO kezelés esetében azonban mindvégig nagy maradt (4. ábra). Ehhez hasonlóan alakult a főzési veszteség is, mely a 3. héten lényegesen magasabb volt, mint a kiinduló érték, viszont a 6. hétre visszaállt az eredeti szintre. A 6. héten a zsírsavforrás már nem gyakorolt hatást a főzési veszteségre, azonban a csepegési veszteség mindhárom kezelés esetében szignifikánsan eltért egymástól a következő tendenciát követve: HO>LO>SO. Főzéskor a halhús általában 20-25 %-ot veszít tömegéből (Szathmári, 2007), ez az eredmény egybeesik az általunk a 6. héten kapott adatokkal.

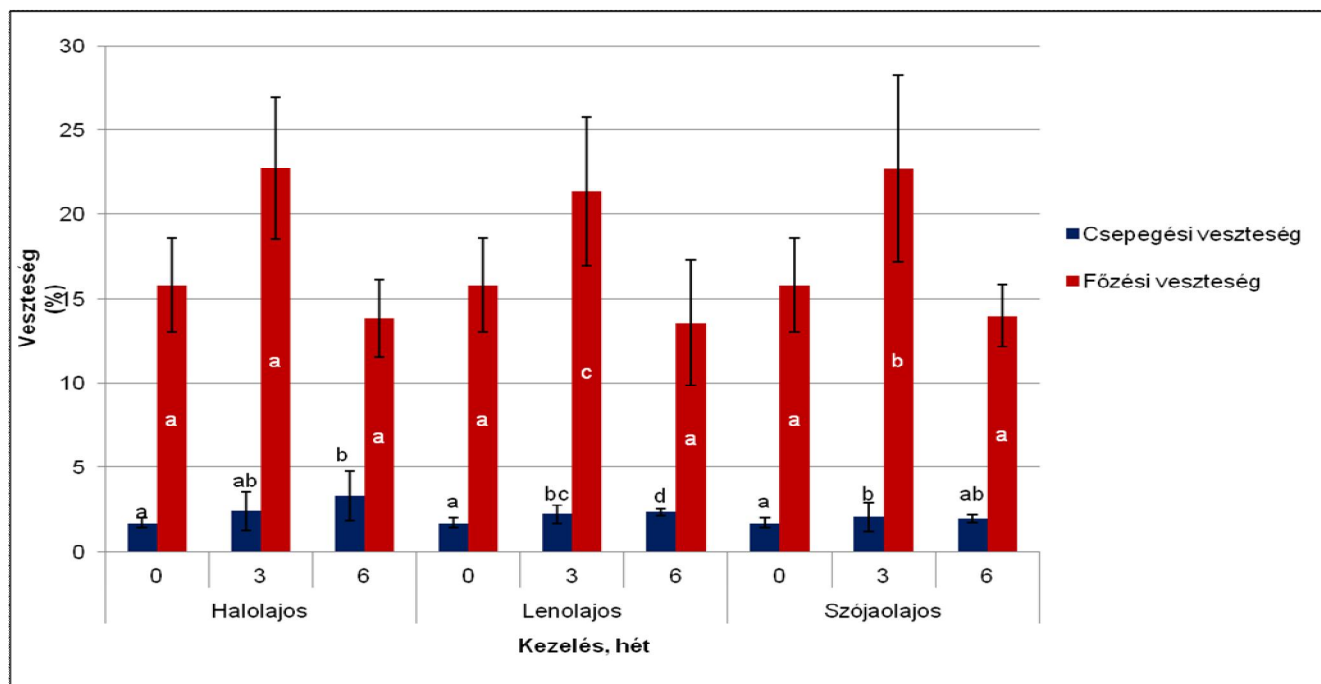
8. táblázat: A filé összetétele a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nílusi tilápiánál (átlag ± szórás)

Kezelés (táp)	Halolajos			Lenolajos			Szójaolajos		
Időpont (hét)	0	3	6	0	3	6	0	3	6
Száranyag (%)	23,62±0,72	23,02±0,45	22,89±1,56	23,62±0,72	22,26±1,32	22,63±0,62	23,62±0,72	22,34±0,68	22,68±0,87
Nyersfehérje (% Sza)	19,05±0,64	18,74±0,34	18,78±0,99	19,05±0,64	18,70±0,90	19,20±0,75	19,05±0,64	19,02±0,40	19,18±0,51
Nyerszsír (% Sza)	3,18±0,23	2,16±0,36	2,63±0,57	3,18±0,23	1,87±0,80	2,12±0,59	3,18±0,23	1,31±0,16	1,84±0,36
Nyershamu (% Sza)	1,37±0,12	1,68±0,39	1,24±0,14	1,37±0,12	1,36±0,18	1,12±0,01	1,37±0,12	1,36±0,12	1,32±0,08

9. táblázat: A hagyományos húsminőségi mutatók alakulása a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nílusi tilápiánál (átlag ± szórás)

Kezelés (táp)	Halolajos			Lenolajos			Szójaolajos		
Időpont (hét)	0	3	6	0	3	6	0	3	6
pH45	6,63±0,12 ^a	6,74±0,20 ^a	6,63±0,14 ^a	6,63±0,12 ^a	6,61±0,14 ^a	6,61±0,21 ^a	6,63±0,12 ^a	6,66±0,18 ^a	6,61±0,13 ^a
pH24	6,23±0,14 ^a	6,11±0,09 ^b	6,01±0,08 ^b	6,23±0,14 ^a	6,11±0,04 ^b	6,04±0,13 ^b	6,23±0,14 ^a	6,20±0,10 ^a	6,02±0,07 ^b
L*	51,00±2,41 ^a	46,28±2,68 ^b	49,84±4,04 ^a	51,00±2,41 ^a	46,07±2,25 ^b	48,26±2,34 ^{ab}	51,00±2,41 ^a	47,49±2,21 ^b	47,08±1,29 ^b
a*	-3,74±0,39 ^a	-3,07±0,49 ^b	-2,77±0,68 ^b	-3,74±0,39 ^a	-2,76±0,57 ^b	-2,8±0,40 ^b	-3,74±0,39 ^a	-3,31±0,53 ^{ab}	-2,85±0,52 ^b
b*	1,71±0,91 ^a	2,03±1,03 ^a	1,21±1,28 ^a	1,71±0,91 ^a	2,37±1,59 ^c	0,59±1,05 ^a	1,71±0,91 ^a	1,89±1,02 ^a	0,72±0,89 ^b

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek



4. ábra: A filé víztartó-képességének alakulása a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nílusi tilápia filében

5.2.3. A filé, a máj és a hasúri zsír zsírsav-profiljának alakulása a különböző zsírforrások hatására

A kísérleti takarmányok a kiegészítés után nagyobb telítetlen zsírsav tartalommal rendelkeztek az alaptakarmányhoz képest, a nagyobb PUFA szintjüknek köszönhetően (Mellékletek 2. táblázat). Ez különösen a lenolaj kiegészítésnél volt kifejezett, ahol 1,5-szer nagyobb volt a PUFA tartalom, amely kisebb MUFA tartalommal járt együtt. Az egyes zsírsavakat tekintve a kísérleti takarmányokban az olajsav és az ARA mennyisége jelentősen csökkent, az EPA és DHA tartalom viszont nőtt, az alaptakarmányhoz képest. Az SO és HO csoportok takarmánya kevesebb LA-t tartalmazott az alaptakarmánynál, viszont az LO csoport egyaránt meglehetősen gazdag volt LA-ban és ALA-ban.

A filében szinte az összes zsírsav arányát szignifikánsan befolyásolták a különböző kezelések. A SO csoportban a C18:0, a C18:2n-6, a C20:2n-6, a C20:3n-3, a C20:3n-6, a C20:4n-6, a C22:0, és a C24:0 tartalom nőtt a HO csoporthoz képest (Mellékletek 8. táblázat). Hasonló változásokat lehetett megfigyelni a LO csoportban, ahol a C20:2n-6, a C20:3n-3, a C20:3n-6, a C22:0, a C24:0 és a C18:3n-3 is nőtt, a különbség a C18:0, a C18:2n-6 és a C20:4n-6 esetében nem volt szignifikáns. A növényi olaj kiegészítés a C17:1n-7, a C20:1n-9, és a C22:1n-9 csökkenő arányát eredményezte mindkét csoportban (SO és LO). A C14:0, a C22:5n-3 és a C24:1n-9 aránya csak a SO csoportban csökkent szignifikánsan. Az összes n-6 PUFA aránya szignifikánsan nőtt a növényi olaj kiegészítésű csoportokban, de a SO csoportban nagyobb mértékben. Ez nagyobb n-6/n-3 arányt eredményezett utóbbiban a másik két csoporthoz képest.

A máj-lipideket az összes kezelés esetében nagyobb palmitinsav tartalom jellemezte a többi szövethez képest. A növényi olaj kiegészítéses

csoportokban az átlagos LA tartalom közel a kétszeresére nőtt a HO csoporthoz képest, az egyes csoportok közötti különbség azonban nem volt szignifikáns a nagy egyedi varianciának köszönhetően (Mellékletek 9. táblázat). Az ALA mennyisége az LO csoportban szignifikánsan nagyobb volt, és ebben a kezelésben ugyancsak szignifikánsan nőtt a máj C20:3n-6 mennyisége is. Mindkét növényi olajos csoport 1,5-2-szeres mennyiségű n-6 PUFA, összes PUFA tartalommal és n-6/n-3 aránnyal bírt a HO csoporthoz képest, de a különbségek nem voltak szignifikánsak a nagy egyedi varianciának köszönhetően.

A takarmányra jellemző zsírsavak jelentősen befolyásolták a hasúri zsírban ugyanezen zsírsavak arányát, közvetlen beépülést jelezve. Az SO csoportban az LA és a C20:2n-6 mennyisége nőtt, míg a C17:1n-7-é, C20:1n-9-é, az EPA-é és a DHA-é jelentősen csökkent a HO csoporthoz képest (Mellékletek 10. táblázat). Az LO csoportban az LA, ALA és C20:3n-6 tartalom nőtt, míg a C20:1n-9 csökkent a HO csoporthoz képest. A nagyobb LA mennyiség az SO és LO csoportokban egyaránt nagyobb összes n-6 PUFA tartalmat eredményezett, míg az LO csoport nagyobb ALA tartalma nagyobb n-3 PUFA és összes PUFA tartalmat mutatott. A két növényi olajos kezelést egymáshoz hasonlítva szignifikáns különbséget találtam a C18:0 tartalmukban. Az LO csoport ALA tartalma szignifikánsan nagyobb volt a többi kezelésnél. A C20:3n-6 esetében a növényi olaj kiegészítés nagyobb szöveti mennyiséghez vezetett, amely azonban csak az LO csoportban volt szignifikáns. Az LO csoport nagyobb n-3 PUFA tartalmat, kisebb IT indexet és n-6/n-3 arányt mutatott az SO csoporthoz képest.

Karapanagiotidis és mtsai. (2006) leírták, hogy az intenzíven nevelt tilápia filéjének SFA és MUFA tartalma megnő a fokozott zsír beépülésnek köszönhetően, amelyet főleg az SFA, MUFA és az LA jellemez, ezért azt

javasolják, hogy az LA-ban gazdag növényi olajokat olajsavban és ALA-ban gazdag olajokkal helyettesítsék. Vizsgálataim során a takarmány zsírsavainak beépülése az összes szövet esetében igazolható volt, de az SFA mennyiségének növekedése egyik kezelés esetében sem fordult elő, és a MUFA tartalmat sem befolyásolták a különböző kezelések.

A három, működésében különböző szövetet (izomszövet, máj, hasúri zsír) vizsgálva, a három takarmány alapvetően hasonló változásokat eredményezett zsírsav-profiljukban. A máj volt az egyetlen szerv, ahol a palmitinsav mennyiség mindhárom kezelés esetében megnőtt. Ennek oka feltehetően nemcsak a takarmány, minthogy az összes kezelés hasonló mennyiségű palmitinsavat tartalmazott. A sügéralakúaknál a máj a lipid raktározás egyik fő helye, és a palmitinsav általában oxidálható energia forrásként működik (Stubhaug és mtsai. 2005b). A hepatikus lipogenezis eredményeképpen jelentősen felhalmozódó palmitinsav mennyiség egyébként a megnövekedett energiafelvétel esetében jellemző.

A lenolaj kiegészítés mindhárom szövet esetében meglehetősen hatékonynak bizonyult az ALA tartalom növelésében. Ugyanakkor a nagy mennyiségben etetett prekursor zsírsav érdekes módon nem befolyásolta az EPA, DPA és DHA, azaz az elongált és deszaturált termékek szintjét. A növényi olaj etetése (különösen a szójaolajé) végül a filé DPA tartalmának csökkenéséhez vezetett, és a filé EPA vagy DHA tartalmának sem a növelésében, sem a fenntartásában nem bizonyult hatékonynak. Shapira és mtsai. (2009) ezzel ellentétes eredményeket írtak le, amikor a mango tilápiát (*Sarotherodon galilaeus galilaeus*) lenolaj formájában megnövelt mennyiségű n-3 PUFA-val etetve mérsékelt növekedést figyeltek meg a hosszúláncú n-3-as PUFA-k mennyiségében, alátámasztva a tilápia képességét az n-3 PUFA átalakításra és felhalmozásra. Eredményeim a Karapanagiotidis és mtsai. (2007) által leírtakat erősítik meg, miszerint a

nílusi tilápia korlátozott mértékben képes a takarmányból származó ALA prekurzort EPA-vá és DHA-vá alakítani. Agaba és mtsai. (2005) leírták, hogy az édesvízi halak hatékonyan alakítják a C₁₈-as PUFA-kat HUFA-vá, de a tilápia elongázai által mutatott aktivitási minta kissé szokatlan volt, mivel az aktivitás a C20:5n-3 felé megegyezett a C18:4n-3-éval, és az ARA felé volt a legnagyobb. A melegvízi fajok (zebradánió, tilápia, harcsa) nagyobb aktivitást mutattak az n-6-os zsírsavak felé, mint a hidegvízi fajok (lazac, rombuszhal, tőkehal), feltehetően azért, mert eredeti környezetükből alapvetően hiányoznak ezek a zsírsavak. Ennek a feltételezésnek megfelelően a növényi olajjal kiegészített csoportoknál a filében az ARA mennyiségének növekedése volt megfigyelhető, amely a SO csoportban volt a legkifejezettebb. Ez egy kevésbé kíváncsú tendencia, mivel az ARA a leghatékonyabb gyulladásos mediátorok, (tromboxánok, prosztaglandinok és leukotriének) előanyaga (Allayee és mtsai., 2009). Az ARA PUFA-khoz (EPA, DHA) viszonyított aránya szintén fontos tényező a humán táplálkozásban. Weaver és mtsai. (2008) leírták, hogy a tilápiában az ARA EPA-hoz viszonyított átlagos aránya kiugróan magas, 11:1, amelyet károsnak tartanak. Eredményeim lényegesen kisebb értéket mutattak (2,02, 1,26 és 0,65 az SO, LO és HO csoportokban), és figyelembe véve azt, hogy a különböző kiegészítéseket befejező tápként használtam, hatékonyan csökkenthetőek ezek az értékek. Arról sem szabad elfelejtkezni, hogy nem egyértelmű, hogy a takarmánybeli ARA káros-e, vagy sem, mivel pro- és antitrombotikus és -gyulladásos hatásokkal egyaránt rendelkezik (Netleton, 2008).

Weaver és mtsai. (2008) gyakran fogyasztott, halgazdaságokban termelt halfajok zsírsav-profilját vizsgálták, melyhez a mintákat az USA élelmiszerüzleteiben vásárolták. A tilápia filét nagy, (>2) n-6/n-3 arány jellemezte, míg a nemes lazac és a pisztráng n-6/n-3 aránya 1 alatt maradt a

nagy n-3 PUFA tartalomnak köszönhetően. Toniai és mtsai. (2009) kimutatták, hogy a 45 napos lenolaj kiegészítés kedvezőbb n-6/n-3 arányt eredményez az izomszövetben az n-6-os zsírsavak csökkenésének és az n-3-asok növekedésének köszönhetően. Eredményeim részben megerősítik ezt, a lenolaj etetése a HO csoportéhoz hasonló n-6/n-3 arányt eredményezett, azaz a LO kiegészítés hatása jobban megegyezik a halolaj zsírsav-profilra gyakorolt hatásával, mint az SO-é. Ez azonban inkább az ALA mennyiségi növekedésének tudható be, mintsem a tovább elongált és deszaturált metabolitjainak.

Az aterogén index (IA) és a trombogenetikus index (IT), amelyeket Ulbricht és Southgate (1991) fejlesztettek ki, a lipidek teljes táplálkozási minőségét és az érrendszeri megbetegedések kialakulására gyakorolt hatását jelzi. Jankowska és mtsai. (2010) a halgazdaságokban termelt és vadon élő sügerek (*Perca fluviatilis*) között ezen mutatók tekintetében csak a máj és az omentális zsír lipidjeinek aterogén indexénél találtak különbséget. Kijelenthető tehát, hogy a származás nem befolyásolta a sügér filé pro-aterogén és anti-aterogén zsírsavai közötti összefüggést. Eredményeim hasonló tendenciát mutattak (Mellékletek 8., 9., 10. táblázat) a növényi olaj kiegészítés nem befolyásolja a két index értékét a filében, és a májban, a szójaolaj viszont a hasúri zsírban kedvezőtlenül befolyásolta az IT értéket.

5.2.4. Az ivar és a különböző olajforrások hatása a zsírsavprofilra

A filé ALA tartalma a tejeseknél minden kezelésnél nagyobb volt, mint az ikrásoknál, habár ez csak a HO és LO csoportoknál volt szignifikáns (Mellékletek 11. táblázat). Utóbbi kezelésben az ALA tartalom szignifikánsan nagyobb volt a többi kezeléshez képest. A két ivar között az n-3-as PUFA-k tekintetében a LO és HO csoportokban különbséget találtam

a tejesek javára, amely a hímeknél nagyobb $n-3/n-6$ arányt eredményezett, bár ezek a különbségek csak a HO kezelés esetében voltak szignifikánsak. Az EPA tartalom a filében nem tért el egymástól jelentősen az ivar szerint, a hímek ivarszervében azonban nagyobb volt, mint az ikrásoknál, de ez megint csak a HO csoportban volt szignifikáns. A filé és az ivarszervek MUFA arányát a takarmány befolyásolta, amely a HO csoport ikrásainál volt a legnagyobb. A filé LA tartalma a SO és HO csoport tejesei között tért el, a takarmány LA tartalmának megfelelően a SO csoportban volt nagyobb. Habár a takarmány a LO kezelésben nagy mennyiségű LA-t tartalmazott, ez alig befolyásolta a filé LA tartalmát. Az ivarszervekben a LA arányát az ivar és a kezelések egyaránt befolyásolták, az ikrások ivarszervei több LA-t tartalmaztak, mint a tejeseké, de ez statisztikailag nem volt igazolható. A kezelések közül a legnagyobb LA tartalmat itt is a SO csoport érte el. A tejesek ivarszervei szignifikánsan nagyobb ARA tartalommal bírtak, mint az ikrásoké. A filé DHA tartalmát nem befolyásolta sem az ivar, sem a kezelés, viszont az ivarszervek DHA tartalma a HO csoport tejeseinél szignifikánsan nagyobb volt a többi kezelés tejeseihez és ikrásaihoz képest. A filé $n-6$ PUFA tartalmát az ivar kismértékben, a kezelés jobban befolyásolta, a HO csoport kisebb $n-6$ PUFA tartalommal bírt, igaz ez csak a tejesek esetén volt szignifikáns. Az ivarszervek és $n-3$ PUFA-k tekintetében kezeléshatás és az ivarok hatása egyaránt megfigyelhető volt, a legnagyobb értéket a HO csoport tejesei mutatták. Az $n-3/n-6$ arány az ivarszerveknél jelentős kezeléshatást mutatott, de ez megint csak a HO csoportban volt szignifikánsan nagyobb. Ebben az esetben az ivar hatása is kimutatható volt, a HO csoport tejeseinél ez az arány kedvezőbb, mint az ikrásoknál.

A nagyobb filé kihozatal és kedvezőbb zsírsav-összetétel miatt a hím nílusi tilápia termelése előnyösebb. Az ivarézés a két ivar filéjének zsírsav-összetételében jelentős eltéréseket eredményez. A sebes pisztráng (Akpınar

és mtsai., 2009) a szivárványos pisztráng (Görgün és Akpinar, 2007) és a szardínia (Caponio és mtsai., 2004) tejesek filéje szintén több n-3 PUFA-t tartalmaz, mint az ikrásoké. Az n-3-as zsírsavakban gazdag táplálkozás jó hatással van a szív- és érrendszeri megbetegedések és más betegségek megelőzésére. Az optimális n-6/n-3 arány 1/1 lenne, miközben ez az érték a nyugati társadalmak táplálékában eléri a 15/1-et (Simopoulos, 2002). A tilápia filé 1,7/1 – 1,1/1 közötti n-6/n-3 aránya lehetőséget kínál az egészségvédő, funkcionális élelmiszerek előállítására.

5.3. A különböző mértékű szelénkiegészítések hatása az afrikai harcsa termelésére és a filé szeléntartalmára

5.3.1. A termelési mutatókra vonatkozó eredmények

A főbb termelési mutatókat vizsgálva megállapítottam, hogy azokra a táp szeléntartalmának hatása általában nem volt szignifikáns. A megmaradás minden kezelés esetében 100 %-os volt, amely azt feltételezi, hogy még a 4 mg/kg szelénkiegészítés sem okozott mérgezést a halaknál. Az SGR a kontroll táp esetében volt a legjobb (0,3 %/nap), de szignifikánsan csak a 0,5 mg/kg kiegészítésű csoporttól különbözött, ahol értéke 0,14 %/nap körül alakult. A kis növekedés a piaci méretű halak gyengébb növekedési erélyével magyarázható (10. táblázat).

10. táblázat: A különböző termelési mutatók alakulása a 6. héten a különböző szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett afrikai harcsánál
(átlag $\pm$ szórás)

Kezelés (táp)	Napi ttgy (g/nap)	SGR (%/nap)	Megmaradás (%)
Kontroll	4,80 $\pm$ 4,68 ^b	0,29 $\pm$ 0,3 ^b	100
0,5 mg/kg	2,32 $\pm$ 2,82 ^a	0,14 $\pm$ 0,17 ^a	100
2 mg/kg	3,18 $\pm$ 3,72 ^{ab}	0,18 $\pm$ 0,19 ^{ab}	100
4 mg/kg	4,07 $\pm$ 3,27 ^{ab}	0,24 $\pm$ 0,16 ^{ab}	100

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek

A takarmányértékesítés sem tért el szignifikánsan az egyes kezelések között, minden esetben meglehetősen gyengén, átlagosan 9 kg/kg körül alakult. A legjobb értéket a kontroll és a 4 mg/kg kiegészítésű csoportoknál tapasztaltam, de az egyes csoportok nem tértek el egymástól szignifikánsan (11. táblázat). A kedvezőtlen értékek részben a kísérleti beállításhoz vezethetők vissza, recirkulációs kádrendszerünk nem piaci méretű afrikai harcsa tartására tervezett, valamint – főleg a kísérlet első felében - alkalmanként agresszió és takarmánypazarlás is fellépett.

11. táblázat: A különböző termelési mutatók alakulása a 6. héten a különböző szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett afrikai harcsánál
(átlag $\pm$ szórás)

Kezelés (táp)	Takarmányfogyasztás (kg)	FCR (kg/kg)
Kontroll	28,32 $\pm$ 0,46	6,27 $\pm$ 3,1
0,5 mg/kg	26,87 $\pm$ 1,01	12,88 $\pm$ 6,6
2 mg/kg	26,68 $\pm$ 0,72	10,40 $\pm$ 5,6
4 mg/kg	27,15 $\pm$ 0,52	6,45 $\pm$ 2,9

A halak végző testtömegében és a filé tömegében nem, viszont a filéarányban szignifikáns eltérést tapasztaltam az egyes kezelések között. A 0,5 mg/kg kiegészítésű csoport filékihozatala elmaradt a többi kezelésétől, ennek ellenére az irodalmi adatoknak megfelelően alakult (12. táblázat).

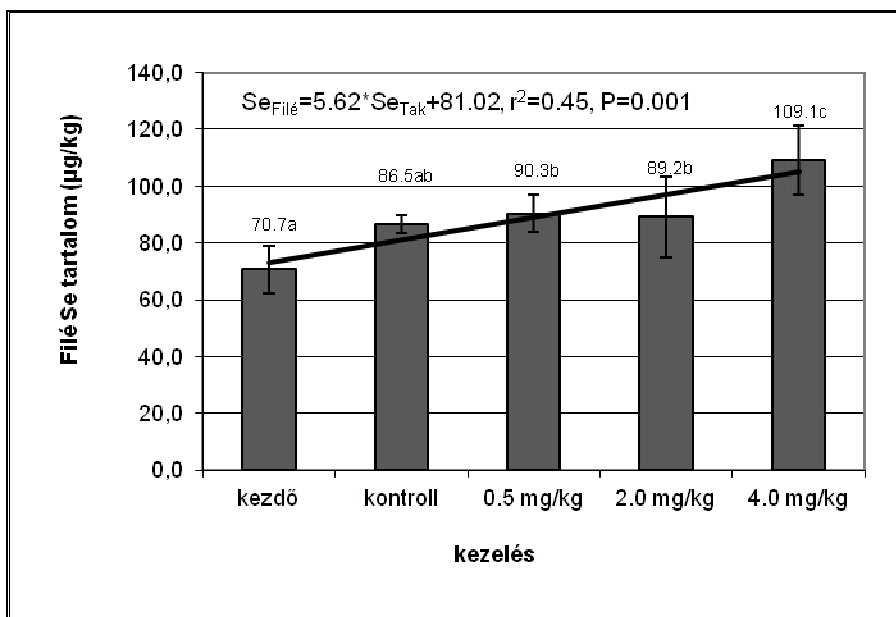
12. táblázat: A testtömeg, a filé tömeg és a filéarány alakulása a 6. héten a különböző szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett afrikai harcsánál

Kezelés (mg/kg)	Testtömeg (g)	Filé tömeg	Filéarány
Kontroll	1682	957	46,95 ^b
0,5	1628	911	42,92 ^a
2	1669	1074	46,30 ^b
4	1713	1017	45,78 ^b

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek

5.3.2. A szelénkiegészítés hatása a filé szeléntartalmára

A szelén beépülése a filébe a szelénkiegészítés mértékével arányosan változott, ami az alábbi lineáris regresszióval írható le: $Se_{Filé} = 5.62 * Se_{Takarmány} + 81,02$ $r^2 = 0,45$, $P = 0,001$). A filé szeléntartalma a 4 mg/kg-os csoportban szignifikánsan nagyobb volt (109 µg/kg), mint a többi kezelés esetében (5. ábra). Itt a kiinduló értékhez képest 1,5-szeres növekedés volt megfigyelhető, de a másik két csoportban is szignifikánsan megemelkedett a szeléntartalom a kiinduló állapothoz képest.



5. ábra A filé szeléntartalmának alakulása a különböző szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett afrikai harcsánál

A takarmány nagy szeléntartalma az afrikai harcsa termelését döntően nem befolyásolta. Ugyanezt tapasztalták Schram és mtsai (2008) szintén afrikai harcsával folytatott kísérletük során, ahol a takarmányok szeléntartalma nem befolyásolta szignifikánsan sem az SGR-t sem a takarmányértékesítést, illetve a megmaradást sem. Zhou és mtsai. (2007), viszont azt tapasztalták, hogy az ezüstkárász befejező testtömege és növekedési sebessége nagyobb, ha takarmányát szelénnel egészítik ki. A szelén beépülése az afrikai harcsa filébe a kiegészítés mértékével arányosan nőtt. A takarmány és az afrikai harcsa filé szelén és szelenometionin tartalma között Luten és Schram (2006) valamint Schram és mtsai. (2008) pozitív lineáris kapcsolatot találtak, amely egybeesik az általunk kapott eredményekkel.

5.4. A különböző mértékű szelénkiegészítések hatása a nilusi tilápia termelésére és a filé szeléntartalmára

5.4.1. A termelési paraméterekre vonatkozó eredmények

A termelési mutatók vizsgálata során egyedül a takarmányértékesítésnél volt szignifikáns eltérés a kezelések között. A 0,5 mg/kg és 4 mg/kg szelénkiegészítésű csoportok jobb takarmányértékesítést értek el a kontroll csoporthoz képest (13. táblázat).

13. táblázat: A különböző termelési mutatók alakulása a 6. héten a különböző szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nilusi tilápiánál (átlag $\pm$ szórás)

Kezelés (táp)	Takarmányfogyasztás (kg)	FCR (kg/kg)
Kontroll	7,46 $\pm$ 1,11	3,88 $\pm$ 0,57 ^b
0,5 mg/kg	7,71 $\pm$ 0,93	2,58 $\pm$ 0,30 ^a
2 mg/kg	7,49 $\pm$ 0,4	3,01 $\pm$ 0,33 ^{ab}
4 mg/kg	7,34 $\pm$ 0,8	2,3 $\pm$ 0,6 ^a

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek

A megmaradás mindhárom kezelés esetében jónak mondható, és bár a 0,5 mg/kg szelénkiegészítésű csoport kissé rosszabbul teljesített, ez inkább környezeti okokra, mintsem a takarmány hatására vezethető vissza (14. táblázat). A legjobb testtömeg-gyarapodást a 4 mg/kg-os csoport érte el, és mindhárom szelén kiegészítéses csoport jobban teljesített a kontroll csoporthoz képest, bár a különbségek nem szignifikánsak. A takarmány szeléntartalmának hatására a csatornaharcsa (Gatlin és Wilson, 1984), az ezüstkárász (Zhou és mtsai., 2009), vagy a szivárványos pisztráng (Hunt és mtsai., 2011) növekedése javult. Cotter és mtsai. (2008) megállapították,

hogy a hibrid csíkos sügér növekedésére még a legmagasabb, 4,42 mg/kg szelénkiegészítés sem volt kedvezőtlen hatással. A nagy szelén koncentráció nem rontotta a ponty növekedését sem, bár a vese, máj és izomszövetben a szelén jelentősen felhalmozódott (Elia és mtsai., 2011). A specifikus növekedési sebesség 0,54 – 0,70% között változott, amely értékek tekintve, hogy piaci méretű állományról van szó megfelelőnek mondhatóak.

14. táblázat: A különböző termelési mutatók alakulása a 6. héten a különböző szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nilusi tilápiánál (átlag $\pm$ szórás)

Kezelés (táp)	Napi ttgy (g/nap)	SGR (%/nap)	Megmaradás (%)
Kontroll	1,92 $\pm$ 0,81	0,56 $\pm$ 0,28	98,89 $\pm$ 1,92
0,5 mg/kg	2,4 $\pm$ 0,51	0,65 $\pm$ 0,15	94,44 $\pm$ 6,94
2 mg/kg	2,0 $\pm$ 0,31	0,54 $\pm$ 0,07	98,89 $\pm$ 1,92
4 mg/kg	2,68 $\pm$ 0,86	0,7 $\pm$ 0,20	98,89 $\pm$ 1,92

A befejező testtömeg tekintetében szignifikáns különbség mutatható ki a kontroll és a 4 mg/kg-os csoport között. A legnagyobb végső testtömeget a 4 mg/kg szelénkiegészítést kapott csoport érte el, de a többi szelénkiegészítéses csoport is jobb eredményt ért el a kontrollhoz képest (15. táblázat). Az induló testtömegek nem tértek el egymástól szignifikánsan. A filékihozatal a 0,5 és 4 mg/kg szelénkiegészítésű csoportokban szignifikánsan megnőtt a kiinduló értékekhez képest. Ez a filékihozatal megfelel a fajra jellemző átlagnak.

15. táblázat: A végző testtömeg és a filéarány alakulása a 6. héten a különböző szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nilusi tilápiánál (átlag ± szórás)

Kezelés (mg/kg)	N	Végző testtömeg (g)	N	Filéarány (%)
Induló	5	-		29,60±1,34 ^a
Kontroll	69	387,72±73,47 ^a	5	33,00±2,38 ^{ab}
0,5 mg/kg	65	417,55±116,34 ^{ab}	5	35,16±2,58 ^b
2 mg/kg	69	404,09±74,80 ^{ab}	5	33,26±2,64 ^{ab}
4 mg/kg	69	442,93±86,17 ^b	5	35,02±0,82 ^b

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek

5.4.2. A filé kémiai összetétele és szeléntartalma

A filé kémiai összetételében csak a nyerszsírtartalom tekintetében volt szignifikáns különbség. A kiinduló értékhez képest minden kezelésben és a kontroll csoportban is megnőtt a filé zsírtartalma, amely a takarmány magas zsírtartalmának köszönhető (16. táblázat).

16. táblázat: A filé kémiai összetétele a különböző szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nilusi tilápiánál (átlag±szórás)

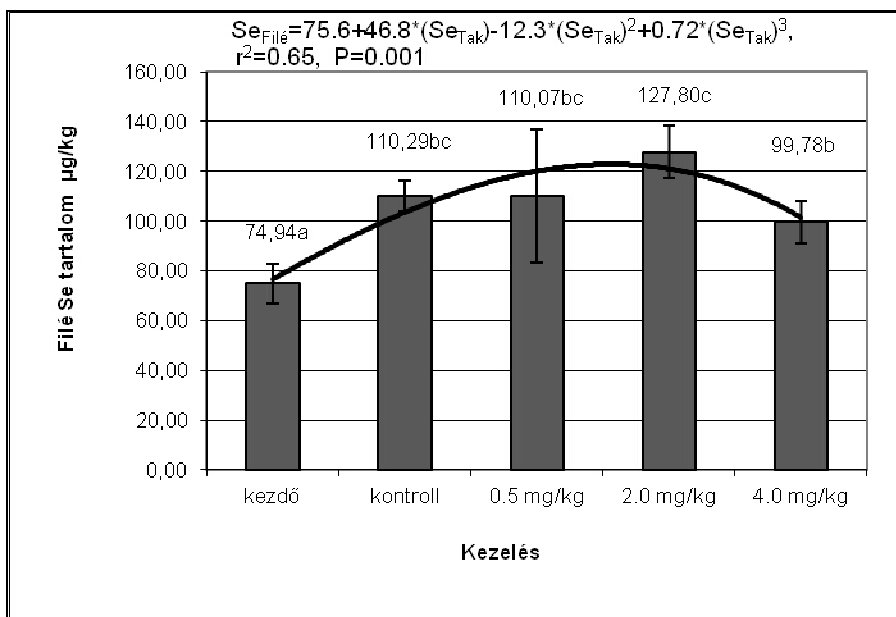
Kezelés (táp)	Kezdő	Kontroll	0,5 mg/kg	2mg/kg	4mg/kg
Szárazanyag (%)	23,25±0,57	23,78±1,47	23,48±2,32	25,64±0,81	25,54±0,73
Nyersfehérje (% Sza)	18,53±0,51	17,86±0,50	17,79±0,98	18,57±0,47	18,4±0,33
Nyerszsír (% Sza)	0,71±1,42 ^a	3,2±0,86 ^b	3,03±1,32 ^b	4,42±0,66 ^b	4,4±0,66 ^b

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek

A filé szeléntartalma a kiinduló értékekhez képest minden csoportban megnőtt. A hathetes kísérlet során a legnagyobb szeléntartalmat, 127,80 µg/kg-ot a 2 mg/kg szelénkiegészítésű csoport érte el, ahol a

szeléntartalom a kiinduló érték 1,6-szorosa volt (6. ábra). A takarmány ebben az esetben 2,47 mg/kg szelént tartalmazott. A filé szeléntartalma és a takarmány szeléntartalma közötti polinomiális regresszió a következő egyenlettel írható le: $Se_{Filé} = 75,6 + 46,8x(Se_{Tak}) - 12,3x(Se_{Tak})^2 + 0,72x(Se_{Tak})^3$ ($r^2=0,65$, $P=0,001$). A filé szeléntartalmának növekedése afrikai harcsánál és hibrid csíkos sügérnél klasszikus lineáris dózishatást mutatott (Schram és mtsai., 2008; Cotter és mtsai., 2008). A legnagyobb filé szeléntartalmat (1,09 mg/kg) hibrid csíkos sügérnél a 3,2 mg/kg szerves szelén kiegészítést tartalmazó táp 6 hetes etetése során érték el. Afrikai harcsánál a legnagyobb filé szelén tartalmat (0,87 mg/kg) a 6 hétig etetett 8,5 mg/kg szeléntartalmú takarmány eredményezte (Schram és mtsai., 2008). Cotter és mtsai. (2008) szerint a szelénnel dúsított filé előállításához a szelénnel dúsított befejező táp 6-8 hetes etetése, vagy még kevesebb idő szükséges, amely egybeesik jelen vizsgálat eredményeivel.

A javasolt napi szelénbevitel (RDA) legalább 55 µg/nap körül alakul (Food and Nutrition Board, National Academy, 2000). Eredményeim alapján 100 g szelénnel dúsított nílusi tilápia filé hozzávetőlegesen a napi szelénszükséglet 25 %-át képes fedezni.



6. ábra A filé szeléntartalmának alakulása a különböző szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nílusi tilápiánál

5.5. A szójaolaj- és szelénkiegészítés hatása az afrikai harcsa és a nílusi tilápia termelésére, szeléntartalmára és húsminőségére

5.5.1. A termelési paraméterekre vonatkozó eredmények

Az afrikai harcsa termelési mutatóit a szójaolaj + 4 mg/kg szelén kezelés nem befolyásolta. A megmaradás 100 %-os volt (17. táblázat). A viszonylag alacsony SGR a piaci méretű halak csökkent növekedési erélyével magyarázható. A takarmányértékesítés mindkét csoport esetében hasonlóan alakult, a piaci méretű állomány esetében ez az érték elfogadhatónak tekinthető.

17. táblázat: A különböző termelési mutatók alakulása a 8. héten a szójaolaj és 4 mg/kg szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett afrikai harcsánál
(átlag±szórás)

Kezelés (táp)	Napi ttgy (g/nap)	SGR (%/nap)	Megmaradás (%)	Takarmány-fogyasztás (kg)	FCR (kg/kg)
Kontroll	5,45±0,73	0,54±0,08	100	24,44±0,12	2,64±0,35
4 mg/kg Se + SO	5,30±0,32	0,52±0,03	100	23,43±0,48	2,55±0,16

A nílusi tilápia termelését sem befolyásolták a különböző kezelések. A napi tömeggyarapodás és az SGR - kezeléstől függetlenül - meglehetősen gyenge, míg a megmaradás jó volt (18. táblázat). A takarmányfogyasztás és takarmányértékesítés szintén kedvezőtlen értékeket mutatott, melynek megint csak a piaci méret lehetett az oka.

18. táblázat: A különböző termelési mutatók alakulása a 8. héten a szójaolaj és 2 mg/kg szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nílusi tilápiánál
(átlag±szórás)

Kezelés (táp)	Napi ttgy (g/nap)	SGR (%/nap)	Megmaradás (%)	Takarmány-fogyasztás (kg)	FCR (kg/kg)
Kontroll	1,4±0,32	0,34±0,91	99,05±0,77	12,41±0,25	4,66±0,96
2 mg/kg Se + SO	1,22±0,16	0,28±0,30	98,09±1,34	11,80±0,25	4,96±0,56

5.5.2. Az afrikai harcsa és nílusi tilápia filé kémiai összetétele

A kiinduló értékhez képest az afrikai harcsa filéjének szárazanyag és nyershamu tartalma szignifikánsan megnőtt a kezelt és kontroll csoportban. A kontroll és kezelt csoport között nem volt szignifikáns különbség a filé kémiai összetételben (19. táblázat).

19. táblázat: A filé kémiai összetétele a szójaolaj és szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett afrikai harcsánál

Kezelés (táp)	Kezdő	Kontroll	4 mg/kg Se + SO
Szárazanyag (%)	25,7 ^a	32,867 ^b	30,967 ^b
Nyersfehérje (% Sza)	20,133 ^a	24,267 ^b	23,567 ^{ab}
Nyerszsír (% Sza)	4,283 ^a	6,95 ^b	5,783 ^{ab}
Nyershamu (% Sza)	1,283 ^a	1,7 ^b	1,633 ^b

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek

A nílusi tilápia filéjének kémiai összetételét a takarmány összetétele nem befolyásolta számottevően (20. táblázat).

20. táblázat: A filé kémiai összetétele a szójaolaj és szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nílusi tilápiánál

Kezelés (táp)	Kezdő	Kontroll	2 mg/kg Se + SO
Szárazanyag (%)	21,47	21,68	21,67
Nyersfehérje (% Sza)	17,92	18,25	18,62
Nyerszsír (% Sza)	2,18	2,18	2,03
Nyershamu (% Sza)	1,22	1,17	1,22

5.5.3. A filé zsírsav-profiljának alakulása a szójaolaj- és szelénkiegészítés hatására

A kísérleti tilápia tápban a kontroll táphoz viszonyítva nagyobb volt a telítetlen zsírsav tartalom, a nagyobb PUFA és kisebb SFA és MUFA mennyiségnek köszönhetően. Az afrikai harcsa takarmány esetében hasonló különbségek nem voltak megfigyelhetőek a kontroll táp nagyobb zsírtartalmának köszönhetően, amely nagyobb arányú halolajat tartalmazott. A szójaolaj és szelén kiegészítésű tilápia takarmány kisebb mennyiségű palmitinsavat és ARA-t valamint nagyobb arányú LA-t és ALA-t tartalmazott, mint a kontroll táp. Az EPA, DPA és DHA tartalom mindkét

kísérleti tápban csökkent a kontroll táphoz képest, habár az afrikai harcsaében kisebb mértékben.

A növényi olaj kiegészítés mindkét faj filé zsírsav-profilját jelentősen befolyásolta. Az LA, ALA és n-6 PUFA mennyisége a kezelt csoportokban nőtt (Mellékletek 12. táblázat). Az EPA tartalom a tilápia filében csökkent, a takarmánybeli EPA csökkenést tükrözve, az afrikai harcsa esetében nem volt számottevő különbség a kezelések között. Az ALA tartalom az afrikai harcsa filéjében szignifikánsan megnőtt, és a tilápia filében is hasonló tendenciát mutatott, de ebben az esetben a különbség a kiinduló értékhez képest nem volt szignifikáns. A tilápia esetében a kiinduló értékhez képest a C14:0, a C16:1n-7, a C18:1n-9 és a MUFA aránya csökkent, az ARA-é és a PUFA-é viszont nőtt a kontroll és kezelt csoportokban. A LA, az ALA, a C20:3n-6 és az IA érték esetében csak a kezelt csoport mutatott szignifikáns növekedést a kiinduló értékhez képest. Az afrikai harcsánál a kiinduló értékhez képest a C16:0, az SFA, az IA és IT érték csökkent, az ALA, a C20:3n-6, az EPA, az n-3 PUFA, és az összes PUFA tartalom nőtt a kontroll és kezelt csoportokban. A LA és n-6 PUFA csak a kezelt csoport mutatott szignifikáns növekedést, a C18:1n-9 és a MUFA aránya pedig szignifikáns csökkenést a kiinduló értékhez képest. A két faj között a következő zsírsavak esetében volt szignifikáns a különbség: a C20:2n-6, a C20:3n-6, a C20:4n-6, a C22:5n-3, az n-6 PUFA, a PUFA, az n-6/n-3 arány nagyobb, a C18:1n-9, a C18:3n-3, a C20:5n-3 és MUFA pedig kisebb volt a tilápia filében.

A tilápia esetében a humán szempontból esszenciális ALA mennyisége a takarmánybeli arányt tükrözve nőtt, és a DHA mennyisége sem csökkent számottevően, annak ellenére, hogy a halolajat tartalmazó kontroll táp 2-2,5-szeres mennyiséget tartalmazott ezekből a zsírsavakból. Ennek magyarázata az lehet, hogy a tilápia a rendelkezésére álló ALA

prekurzort korlátozott mértékben tovább alakította. Az EPA mennyisége szignifikánsan csökkent. Az azonban, hogy a tilápia elongázai az ARA felé mutatják a legnagyobb aktivitást (Agaba és mtsai., 2005) ebben a kísérletben is tetten érhető volt, mivel a takarmány fele akkora ARA tartalma ellenére a filé ARA tartalma nem változott. Az ARA EPA-hoz viszonyított aránya 6,31 volt, amely nem éri el a Weaver és mtsai. (2008) által leírt és károsnak tartott 11:1-es arányt, viszont nagyobb az általam korábban kapott eredménynél (2,02). Az n-6/n-3 arány a szójaolaj kiegészítésnek köszönhetően megemelkedett. A Karapanagiotidis és mtsai. (2006) által kapott eredményekkel szemben, a tilápia filéjének SFA és MUFA nem változott.

Az afrikai harcsa esetében a humán szempontból esszenciális ALA mennyisége 28 %-kal nőtt, az EPA és DHA mennyisége pedig nem változott. Az n-6/n-3 arány az afrikai harcsánál kedvezőbb értéket mutatott. Özogul és mtsai. (2007) piacon vásárolt afrikai harcsa mintáknál ennél kisebb (1,0) n-6/n-3 értéket írtak le.

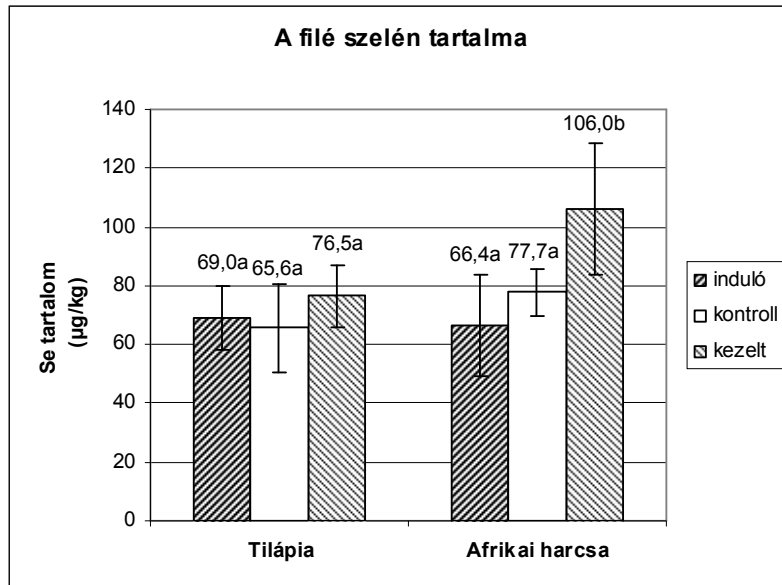
5.5.4. A filé szeléntartalmának alakulása a szójaolaj- és szelénkiegészítés hatására

A szelénkiegészítés csak az afrikai harcsa filében eredményezett szignifikáns növekedést, de a tilápia esetében is növekedés volt megfigyelhető. A tilápia filé 76,5 µg/kg a harcsa filé pedig 106,0 µg/kg szelént tartalmazott. Utóbbi 1,6-szeres növekedést jelent a kiinduló értékhez képest. A kiinduló és kontroll érték nem mutatott szignifikáns különbséget a két faj között (7. ábra).

Schram és mtsai. (2008) a legnagyobb szeléntartalmat az afrikai harcsa filéjében (0,87 mg/kg) a 8,5 mg/kg szeléntartalmú takarmány 6 hetes

etetése során érték el. A takarmány 11,7 mg/kg-os szeléntartalma mellett 10 nap is elegendőnek bizonyult az afrikai harcsa filé szeléntartalmának növeléséhez (0,7 mg/kg) (Schram és mtsai., 2010). Előző, afrikai harcsával folytatott kísérletem során nagyon hasonló értéket (109 µg/kg) kaptam a 4 mg/kg kiegészítésű csoportban. Hibrid csíkos sügérnél a legnagyobb filé szeléntartalmat (1,09 mg/kg) a 3,2 mg/kg szerves szelénkiegészítést tartalmazó táp 6 hetes etetése során érték el.

Az előző, nílusi tilápiával folytatott kísérletemben a 2 mg/kg-os szelénkiegészítés szignifikáns növekedést (127,80 µg/kg) eredményezett a filében. Az, hogy ezt az eredményt nem sikerült megismételni, esetleg a takarmány megnövelt olajtartalmával magyarázható. A filé megnövekedett PUFA tartalma miatt elképzelhető, hogy az oxidatív stressz megelőzéséhez az antioxidáns rendszer működéséhez több szelén felhasználására volt szükség. Hasonló megfigyelést tett Baker (1997), ha az afrikai harcsa takarmányát oxidálódott olajokkal egészítette ki: a filé E-vitamin tartalma csökkent, a friss olajjal történt kiegészítéshez képest.



7. ábra A filé szeléntartalmának alakulása a szójaolaj és szelén kiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nílusi tilápiánál és afrikai harcsánál

6. KÖVETKEZTETÉSEK

A halolaj növényi olajokkal való helyettesítése nem befolyásolta negatívan az afrikai harcsa és a nílusi tilápia termelési mutatóit, sem a filé kémiai összetételét. A két faj filéjének zsírsav-profiljára a kezelés hossza és a különböző zsírforrások egyaránt jelentős hatást gyakoroltak. A nagy n-3-as zsírsav tartalmú takarmányok csökkentették a filé víztartó-képességét, mivel a membrán permeabilitása és a sejt víztartó-képessége megváltozott. A víztartó-képesség a hathetes etetési szakasz végén, azonban visszaállt az induló értékhez hasonló szintre. Az első szakaszért az olaj-kiegészítés kapcsán etetett nagyobb telítetlenségű zsírsavforrás által előidézett oxidatív stressz lehetett felelős. A második szakasz jellegzetesen a szervezet antioxidáns védekező mechanizmusainak adaptálódására utal, melyhez általában minimum 3-4 hét szükséges. A befejező táp 3 hetes etetése tehát nem mindig elegendő a filé húsminőségének kívánt módosításához, javasolt a tápokat legalább 6 hétig etetni, hogy a húsminőség ne változzon kedvezőtlenül. A halolaj növényi olajokkal történő helyettesítése csak a lenolaj esetében eredményezett hasonlóan kedvező zsírsav-profilt az afrikai harcsa filéjében, mint a halolajos kezelés.

A nílusi tilápiánál a takarmány zsírsavainak beépülése a filé, a máj és a hasúri zsír esetében egyaránt igazolható volt. A növényi olaj etetése (különösen a szójaolajé) a nílusi tilápia filé DPA tartalmának csökkenéséhez vezetett, és a filé EPA és DHA tartalmát sem sikerült növelni, mivel a nílusi tilápia korlátozott mértékben képes a takarmányból származó ALA prekursor EPA-vá és DHA-vá alakítani. A lenolaj etetése a halolaj etetéshez hasonló n-6/n-3 arányt eredményezett, amely az ALA szöveti felhalmozódásának eredménye volt. A növényi olaj kiegészítés nem befolyásolta negatívan a filé IA és IT mutatóit. Összességében tehát az

afrikai harcsa megfelelőbb alany a funkcionális élelmiszer előállításra, mint a nílusi tilápia. Ennek oka feltehetően a két faj eltérő táplálkozása lehet.

Az ivarézés a két nem filéjének zsírsav-összetételében jelentős eltéréseket eredményez. A hímivar filéjének nagyobb az ALA és n-3 PUFA tartalma és nagyobb az n-3/n-6 aránya, mint az ikrásoké, ezért a humán táplálkozás szempontjából előbbi fogyasztása kedvezőbb. A nagyobb növekedés és filéarány mellett tehát a kedvezőbb zsírsav-profil is előnyösebbé teszi a hímivarú tilápia termelését az ikrásokkal szemben.

A takarmány magas szeléntartalma az afrikai harcsa termelését döntően nem befolyásolta. A Magyar Takarmány Kódex Bizottság által engedélyezett 0,5 mg/kg-os kiegészítés mellett viszont a termelési mutatók elmaradnak a többi kezeléshez képest. Ennek oka egyelőre nem ismert számomra. Feltehetően a viszonylag magas 4 mg/kg-os szelénkiegészítés sem okoz mérgezést a halak számára, mivel elhullás nem történt a kísérlet során, de ennek megerősítéséhez további vizsgálatok szükségesek. A szelén beépülése az afrikai harcsa filébe a kiegészítés mértékével arányosan nőtt, a takarmány és a filé szeléntartalma között pozitív, lineáris összefüggést figyeltem meg, amit a következő egyenlettel írhatunk le: $Se(\text{filé}) = 5,62 \cdot Se(\text{takarmány}) + 81,02$; ($r^2 = 0,45$). A piaci hal méret mellett egy hathetes időszak elegendő volt a szelén filébe való beépülésére, amely a takarmány 4,66 mg/kg szelénes élesztő tartalma mellett érte el a legnagyobb koncentrációt. A szelénnel dúsított afrikai harcsa filé fogyasztása segíthet a humán szempontból kívánatos napi szelénmennyiség felvételében, de önmagában nem képes a szükségletet kielégíteni. A humán mérgezés kockázata jelen esetben nem állt fent. A szelén beépülésének köszönhetően lehetséges funkcionális élelmiszer előállítása afrikai harcsa filéből.

A nílusi tilápia takarmányértékesítése, befejező testtömege és filékihozatala kedvezőbben alakult a 0,5 és 4 mg/kg szelénkiegészítésű

csoportok esetében, a többi termelési mutatót azonban nem befolyásolta a szelénkiegészítés mértéke. A takarmány zsírtartalma túlságosan magasnak bizonyult a nílusi tilápia számára, a filé zsírtartalma minden kezelés esetében szignifikánsan megnőtt. A piaci hal méret mellett egy hathetes időszak elegendő volt a szelén filébe való beépülésére, amely a takarmány 2,47 mg/kg szelénes élesztő tartalma mellett érte el a legnagyobb koncentrációt. A filé szeléntartalma és a takarmány szeléntartalma közötti polinomiális regresszió a következő egyenlettel írható le: $(Se_{Filé} = 75,6 + 46,8x(Se_{Tak}) - 12,3x(Se_{Tak})^2 + 0,72x(Se_{Tak})^3 \quad (r^2=0,65, \quad P=0,001)$. Eredményeim alapján kijelenthető, hogy 100 g szelénnel dúsított nílusi tilápia filé hozzávetőlegesen a napi szelén szükséglet 25%-át képes fedezni. A humán mérgezés kockázata ebben az esetben sem állt fent. A szelén beépülésének köszönhetően lehetséges funkcionális élelmiszer előállítása nílusi tilápia filéből.

A szójaolaj kiegészítés mindkét faj filé zsírsav-profilját jelentősen befolyásolta. Az afrikai harcsához képest a nílusi tilápia esetében a szójaolaj kiegészítés kevésbé volt megfelelő a funkcionális élelmiszer előállítás szempontjából, mert ugyan az ALA mennyisége 48 %-kal nőtt, a humán táplálkozás szempontból még jelentősebb EPA és DHA mennyisége viszont csökkent. Az afrikai harcsa esetében a humán szempontból esszenciális ALA mennyisége 28 %-kal nőtt, az EPA és DHA mennyisége pedig nem változott. A szójaolaj kiegészítéssel tehát lehetséges volt ALA-val dúsított afrikai harcsa filé előállítása. A szelénkiegészítés csak az afrikai harcsa filében eredményezett szignifikáns szelénkoncentráció növekedést, de a tilápia esetében is növekedés volt megfigyelhető. A korábbi tapasztalatokhoz képest kisebb filé szeléntartalom a takarmány megnövelt olajtartalmával magyarázható. A filé megnövekedett PUFA tartalma miatt elképzelhető, hogy az oxidatív stressz megelőzéséhez, az antioxidáns

rendszer működéséhez több szelén felhasználására volt szükség. Ennek megerősítésére további vizsgálatok szükségesek. Eredményeim alapján összességében elmondható, hogy afrikai harcsával sikeresen lehet több szempontból is funkcionális élelmiszert előállítani.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Az afrikai harcsa és a nílusi tilápia termelési mutatóit és a filé kémiai összetételét a szójaolaj és lenolaj kiegészítés nem befolyásolja hátrányosan. A halolaj növényi olajokkal történő helyettesítése viszont csak a lenolaj esetében eredményez hasonlóan kedvező zsírsav-profil az afrikai harcsa és a nílusi tilápia filéjében, mint a halolajos kezelés.
2. A nagy n-3-as zsírsav tartalmú takarmányok csökkentik a filé víztartó-képességét, de az a 6. hétre visszatér a kiinduló szintre. A befejező, olajkiegészítéssel készült táp 3 hetes etetése ezért nem minden esetben elegendő a filé húsminőségének kívánt módosításához. Javasolt a tápok legalább 6 hétig kell etetni, hogy a hagyományos húsminőség ne változzon kedvezőtlenül.
3. A nílusi tilápia tejesei és ikrásai között a filé zsírsav-profiljának tekintetében jelentős eltérés mutatkozik. A humán táplálkozás szempontjából a hímivarú egyedek filéjének zsírsav-összetétele kedvezőbb, különösen a halolajos kiegészítés esetében, amely nagyon kedvező n-3/n-6 arányt eredményez.
4. A vizsgált szelénkiegészítések mellett a legnagyobb filé szeléntartalom (106-109 $\mu\text{g/kg}$) az afrikai harcsa takarmányának 4 mg/kg-os szelénkiegészítésével érhető el. Az afrikai harcsa alkalmas a szelénrel dúsított funkcionális élelmiszer előállítására.
5. A hagyományos nevelőtápok etetése mellett a vizsgált szelénkiegészítések közül a legnagyobb filé szeléntartalom (127,8 $\mu\text{g/kg}$) a nílusi tilápia takarmányának 2 mg/kg-os szelénkiegészítésével érhető el. A filé szeléntartalma és a takarmány szeléntartalma közötti pozitív, harmadfokú egyenlettel leírható összefüggés található. A takarmány 10 %-os szójaolaj tartalma mellett, azonban a 2 mg/kg-os szelénkiegészítés nem elegendő a filé szeléntartalmának szignifikáns növeléséhez.
6. Az afrikai harcsa alkalmas α -linolénsavval és szelénrel dúsított funkcionális élelmiszer előállítására. A nílusi tilápia esetében

azonban a szójaolaj kiegészítés kevésbé megfelelő a funkcionális élelmiszer előállítás szempontjából, mert az a filé EPA és DHA arányát kedvezőtlenül megváltoztatja.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Hazánkban az egy főre jutó éves halfogyasztás 4,2 kg, amely messze elmarad az Európai Unió átlagától (22 kg) (Failler, 2007). A halhús fogyasztásának mértéke jól jelzi az adott ország korszerű táplálkozási színvonalát. Hazánkban a halfogyasztás mértéke évek óta alig változik, a fellendülést a funkcionális élelmiszerek előállítása is elősegítheti. A hazai haltermelésben azonban még kevésbé terjedtek el a minőségi, ezen belül a funkcionális élelmiszerek előállítását célzó eljárások.

Kísérleteim elvégzésével célom volt megvizsgálni, hogy növényi olaj és/vagy szelén kiegészítéssel előállítható-e funkcionális élelmiszer afrikai harcsából és nilusi tilápiából. Vizsgálni kívántam továbbá, hogy az említett kiegészítések hogyan hatnak a halak termelési mutatóira, a filé kémiai összetételére és a húsminőségre.

8.1. A hal-, len- és szójaolaj kiegészítés hatása az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) és a nilusi tilápia (*Oreochromis niloticus*) testösszetételére, továbbá az ivar és a különböző olajforrások együttes hatása a nilusi tilápia zsírsav-profiljára

A 42 napos kísérletek során egy 6 % zsírtartalmú takarmányban halolajjal, lenolajjal, illetve szójaolajjal az afrikai harcsa esetében 12 %-ra (+6 %) a nilusi tilápia esetében 11 %-ra (+5 %) emeltem a zsír arányát. Az afrikai harcsa és a nilusi tilápia termelési mutatóit és a filé kémiai összetételét a szójaolaj és lenolaj kiegészítés nem befolyásolta hátrányosan. A nagy n-3-as zsírsav tartalmú takarmányok csökkentették a filé víztartó-képességét, azonban a szervezet antioxidáns rendszerének adaptálódása után

az visszatért a kiinduló szintre. Ezért a befejező tápok legalább 6 hetes etetését javaslom, hogy a hagyományos húsminőség ne változzon kedvezőtlenül. A lenolajos kezelés hatása jobban megegyezett a halolaj zsírsav-profilra gyakorolt hatásával, mint a szójaolajosé. Az ivarérés a két nem filéjének zsírsav-összetételében jelentős eltéréseket eredményez. A kedvezőbb zsírsav-összetétel miatt a hím nílusi tilápia termelése előnyösebb.

8.2. A különböző mértékű szelénkiegészítések hatása az afrikai harcsa és a nílusi tilápia termelésére és filé szeléntartalmára

A 42 napos kísérletek során a takarmányokat 0,5 mg/kg, 2 mg/kg, illetve 4 mg/kg szelénnel egészítettem ki, szelén-esetítő formájában (Cytoplex szelenit, Bata Bt.). Kontrollként kereskedelmi forgalomban kapható nevelő afrikai harcsa tápot alkalmaztam. A főbb termelési mutatókat vizsgálva megállapítottam, hogy azokra a táp szeléntartalmának hatása általában nem volt szignifikáns. A nagy szeléntartalom feltehetően nem okozott mérgezést. Az afrikai harcsánál a szelén beépülése a filébe a szelénkiegészítés mértékével arányosan változott, mérsékelt pozitív lineáris kapcsolat volt megfigyelhető közöttük. A filé szeléntartalma a 4 mg/kg-os csoportban szignifikánsan nagyobb volt (109 µg/kg), mint a többi kezelés esetében. Nílusi tilápiánál a legnagyobb szeléntartalmat, (127,80 µg/kg) a 2 mg/kg szelénkiegészítésű csoport érte el. A filé és a takarmány szeléntartalma közötti enyhe pozitív, harmadfokú egyenlettel leírható összefüggés volt megfigyelhető.

8.3. A szójaolaj- és szelénkiegészítés hatása az afrikai harcsa és a nílusi tilápia húsmínőségére

Az 56 napos kísérletek során a takarmányokat az afrikai harcsa esetében 4 mg/kg, a nílusi tilápia esetében 2 mg/kg szelénnel egészítettem ki, szelénés élesztő formájában (Cytoplex szelenit, Bata Bt.), továbbá 5 % szójaolajjal. Kontrollként kereskedelmi forgalomban kapható afrikai harcsa és nílusi tilápia nevelőtápot alkalmaztam. Az afrikai harcsához képest a nílusi tilápia esetében a szójaolaj kiegészítés kevésbé volt megfelelő alany a funkcionális élelmiszer előállítás szempontjából, mert ugyan az α -linolénsav (ALA) mennyisége 48 %-kal nőtt, a humán táplálkozási szempontból még jelentősebb eikozapentaénsav (EPA) és dokozahexaénsav (DHA) mennyisége viszont csökkent. Az afrikai harcsa esetében a humán szempontból esszenciális ALA mennyisége 28 %-kal nőtt, az EPA és DHA mennyisége pedig nem változott. A szójaolaj kiegészítéssel tehát lehetséges volt ALA-val dúsított afrikai harcsa filé előállítása. A szelénkiegészítés csak az afrikai harcsa filében eredményezett szignifikáns növekedést, de a tilápia esetében is növekedés volt megfigyelhető. A tilápia filé 76,5 $\mu\text{g/kg}$, a harcsa filé pedig 106,0 $\mu\text{g/kg}$ szelént tartalmazott.

9. SUMMARY

Fish consumption in Hungary is 4.2 kg/capita/year which is significantly lower than the EU average (22 kg/capita/year) (Failler, 2007). Level of fish consumption is a good indicator of a given country's nutritional standard. In Hungary the level of fish consumption has been hardly changed for years, thus functional food production could be advantageous in its recovery. However qualitative methods for fish production - especially for functional food production -, have not been spread yet in the practice of Hungarian fish farming.

The aim of my experiments was to examine the possibility of functional food production from African catfish (*Clarias gariepinus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), by vegetable oil and/or selenium supplementations. Effects of the different vegetable oils and different selenium levels were evaluated on the production parameters, meat quality and on the fatty acid compositions in both species.

9.1. The effect of fish, soybean and linseed oil on the body compositions of the African catfish and Nile tilapia, furthermore the effect of sex and vegetable oils on the fatty acid composition of Nile tilapia

The proportion of the fat content of the basal feed - containing originally 6 % fat - was increased to 12 % (+6 %) - in the case of African catfish - or to 11 % (+5 %) - in the case of Nile tilapia - using fish, soybean and linseed oil. Both experiments lasted for 42 days. Production traits and fillet chemical compositions of the two species were not negatively affected by the vegetable oil supplementation. High n-3 fatty acid content of the diets

decreased the water holding capacity of fillet, which was later compensated by adaptation of the antioxidant enzymes. In my opinion 6 weeks feeding of the finishing diet is needed to assure the desired fillet quality. Effect of linseed oil supplementation on the fillet fatty acid profile was more similar to the effect of fish oil supplementation, than those of soybean supplementation. The maturation process resulted in marked differences between the two sexes of the Nile tilapia in terms of fatty acid composition of fish fillet. The more favourable fatty acid profile makes the male Tilapia more advantageous in the aquaculture production.

9.2. Influence of altering feed selenium levels on the fillet selenium content and production traits of the African catfish and Nile tilapia

In the 42 day feeding trials the diets were supplemented with 0,5 mg/kg, 2 mg/kg, and 4 mg/kg selenium respectively, in the form of selenium yeast (Cytoplex selenit, Bata LP.). Commercial African catfish feed was used as control diet. Production traits of the two species were generally not affected by the selenium content of the diet. The relatively high selenium content of the diet was not toxic for the fish. The selenium content of the African catfish fillet showed a moderate positive correlation with the feed selenium content, described well by linear regression. Fillet selenium content was significantly higher (109 µg/kg) in the 4 mg/kg treatment, than in the others. Selenium content of the Nile tilapia fillet showed a moderate positive relationship with the feed selenium content which could be approximated by an equation of the third degree. Fillet selenium content was significantly higher (127.8 µg/kg) in the 2 mg/kg treatment, than in the others.

9.3. Effect of soybean oil and selenium supplementation on the fillet quality of the African catfish and Nile tilapia

In the 56 day feeding trials the diets were supplemented with 5 % soybean oil and 4 mg/kg – African catfish – or 2 mg/kg – Nile tilapia – selenium in the form of selenium yeast (Cytoplex selenit, Bata LP.). Commercial African catfish feed and commercial Nile tilapia feed were used as control diets. Soybean supplementation of the diet was more suitable for the functional food production with African catfish than with Nile tilapia. Although level of α -linolenic acid (ALA) increased by 48 % in the Nile tilapia fillet, proportion of eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) - which are more important in terms of human diet – decreased. In the African catfish fillet proportion of ALA increased by 28 % and levels of EPA and DHA were not affected. Thus production of ALA enriched African catfish fillet is possible. Selenium supplementation resulted in significant increase in the fillet selenium content only in the African catfish, but selenium content of Nile tilapia fillet also increased somewhat. Selenium supplementations resulted in 76.6 and 106.0 $\mu\text{g/kg}$ selenium levels in the Tilapia and African catfish fillets, respectively.

10. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Köszönetet mondok **Dr. Hancz Csaba** professzor úrnak, aki mint témavezetőm a PhD. képzés alatt irányította munkámat, hasznos tanácsaival segített disszertációm elkészítésében. Köszönettel tartozom **Dr. Molnár Tamás Gergelynek**, a kísérletek tervezésében és azok kivitelezésében, továbbá a dolgozatom megírásában nyújtott segítségéért.

Köszönöm **Dr. Horn Péter** akadémikus úrnak és **Dr. Kovács Melinda** professzor asszonynak, hogy mint az általuk irányított Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola hallgatójának segítették munkámat. Köszönetemet fejezem ki **Dr. Körmendi Sándornak**, hogy a Természetvédelmi Tanszék vezetőjeként számomra a kísérletek elvégzéséhez a szakmai háttérrel biztosította.

Köszönetemet fejezem ki **Dr. Szabó Andrásnak** és **Dr. Locsmándi Lászlónak**, a Kaposvári Egyetem Mezőgazdasági Termékfeldolgozás és Minőség Tanszék, valamint Takarmányozástani Tanszék munkatársainak és **Dr. Fébel Hedvignek**, az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet általános főigazgató-helyettesének a takarmány-, illetve halminták kémiai analízisében nyújtott segítségükért.

Köszönettel tartozom a Kaposvári Egyetem Hallaboratóriumának dolgozóinak, **Gulyás Évának** és **Stettner Gabriellának**, hogy a kísérletek kivitelezésében önzetlenül segítettek.

Hálával tartozom a Halászati és Öntözési Kutatóintézet munkatársainak, hogy lehetővé tették értekezésem nyugodt körülmények között való elkészítést. Köszönöm továbbá **családomnak és barátaimnak**, hogy mellettem álltak és nyugodt háttérrel biztosítottak munkám elvégzése során.

11. IRODALOMJEGYZÉK

Aderolu, A.Z., Akinremi, O.A. (2009): Dietary Effects of Coconut Oil and Peanut Oil in Improving Biochemical Characteristics of *Clarias gariepinus* Juvenile. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 9:105-110 pp.

Agaba, M.K., Tocher, D.R., Zheng, X., Dickson, C.A., Dick, J.R., Teale, A.J. (2005): Cloning and functional characterisation of polyunsaturated fatty acid elongases of marine and freshwater teleost fish Comparative Biochemistry and Physiology B, 142:342-352 pp.

Aguiar, A.C., Cottica, S.M., Boroski, M., Oliveira, C.C., Bonafe, E.G., Franca, P.B., Souza, N.E., Visentainer, J.V. (2011): Quantification of Essential Fatty Acids in the Heads of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fed with Linseed Oil. Journal of the Brazilian Chemical Society, 22(4):643-647 pp.

Akpinar, M.A., Görgün, S., Akpınar, A.E. (2009): A comparative analysis of the fatty acid profiles in the liver and muscles of male and female *Salmo trutta macrostigma*. Food Chemistry, 112:6-8 pp.

Allayee, H., Roth, N., Hodis, H.N. (2009): Polyunsaturated fatty acids and cardiovascular disease: implications for nutrigenetics. Journal of Nutrigenetics and Nutrigenomics, 3:140-148 pp.

Appleton, K.M., Rogers, P.J., Ness, A.R. (2010): Updated systematic review and meta-analysis of the effects of n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids on depressed mood. American Journal of Clinical Nutrition, 91:757-770 pp.

Arai, S. (1996): Studies on functional foods in Japan - state of the art. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 60:9-15 pp.

Arshad, U., Takami, G.A., Sadeghi, M., Bai, S., Pourali, H.R., Lee, S. (2011): Influence of dietary L-selenomethionine exposure on growth and survival of juvenile *Huso huso*. Journal of Applied Ichthyology, 27(2):761-765 pp.

- Arthur, D. (1971): Selenium content of some feed ingredients available in Canada. *Canadian Journal of Animal Science*, 51:71-74 pp.
- Ashmead, H.D., Zunino, H. (1992): Factors which affect the intestinal absorption of minerals. In: *The Roles of Amino Acid Chelates in Animal Nutrition* (Ashmead, H.D. ed.), 21-46pp. Noyes Publication, Park Ridge, NJ
- Babin, P.J., Vernier, J-M. (1989): Plasma lipoproteins in fish. *Journal of Lipid Research*, 30: 467-489 pp.
- Bahurmiz, O.M., Ng, W.K. (2007): Effects of dietary palm oil source on growth, tissue fatty acid composition and nutrient digestibility of red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp., raised from stocking to marketable size. *Aquaculture*, 262(2-4):382-392 pp.
- Baker, R.T.M. (1997): The effects of dietary α -tocopherol and oxidised lipid on post-thaw drip from catfish muscle. *Animal Feed Science and Technology*, 65:35-43 pp.
- Balogh, K., Elbaraasi, H., Mézes, M. (2002): A szelén toxicitása halakban. *Halászat*, 95(1):33-36 pp.
- Baum, M.,K., Shor-Posner, G., Lai, S., Fletcher, M.A., Sauberlich, H., Page, J.B. (1997): High risk of HIV-related mortality is associated with selenium deficiency. *Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes*, 15:370–374 pp.
- Behne, D., Wolters, W. (1983): Distribution of selenium and glutathione-peroxidase in the rat. *Journal of Nutrition*, 13(2):456-461 pp.
- Békefi, E. (2003): A tilápia kedvező fogadtatása. *Halászat*, 96(1)26. pp.
- Bell, J.G. (1998): Current aspects of lipid nutrition in fish farming. In: *Biology of Farmed Fish*, Black, K.D. és Pickering, A.D. eds. Academic Press, Sheffield, UK, 115-145. pp
- Bell, J.G., Cowey, C.B. (1989): Digestibility and bioavailability of dietary selenium from fishmeal, selenite, selenomethionine and selenocystine in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 81:61–69 pp.
- Bell, J.G., Koppe, W. (2011): Lipids in aquafeeds. In: *Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds*. Turchini, G.M., Ng, W-K, Tocher, D.R. eds. CRC press, USA, 21-59.

Bell, J.G., Cowey, C.B., Adron, J.W., Shanks, A.M. (1985): Some effects of vitamin E and selenium deprivation on tissue enzyme levels and indices of tissue peroxidation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). British Journal of Nutrition, 53:149-157 pp.

Bell, J.G., Cowey, C.B., Adron, J.W., Pirie, B.J.S. (1987): Some effects of selenium deficiency on enzyme activities and indices of tissue peroxidation in Atlantic salmon parr (*Salmo salar*). Aquaculture, 65:43-54 pp.

Bell, J.G., McEvoy, J., Tocher, D.R., McGhee, F., Campbell, P.J., Sargent, J.R. (2001): Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue lipid compositions and hepatocyte fatty acid metabolism. Journal of Nutrition, 131:1535-1543 pp.

Bell, J.G., Henderson, R.J., Tocher, D.R., McGhee, F., Dick, J.R., Porter, A., Smullen, R., Sargent, J.R. (2002): Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects muscle fatty acid composition and hepatic fatty acid metabolism. Journal of Nutrition, 132:222-230 pp.

Burk, R.F. (1976): Selenium in man. In: A.S. Prasad (Editor), Trace Elements in Human Health and Disease. Academic Press, London, 105-134.

Cahu, C., Salen, P., de Lorgeril, D. (2004): Farmed and wild fish in the prevention of cardiovascular diseases: Assessing possible differences in lipid nutritional values. Nutrition Metabolism And Cardiovascular Diseases, 14(1):34-41 pp.

Caponio, F., Lestingi, A., Summo, C., Bilancia, M.T., Laudadio, V. (2004): Chemical characteristics and lipid fraction quality of sardines (*Sardina pilchardus* W.): Influence of sex and length. Journal of Applied Ichthyology, 20:530-535 pp.

Chauke, E., Cukrowska, E., Thaela-Chimuka, M., Chimuka, L., Nsengimana, H., Tutu, H. (2008): Fatty acids composition in South African freshwater fish as indicators of food quality. Water SA, 34(1) January

Chou, B.S., Shiau, S.Y. (1996): Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. Aquaculture, 143(2):185-195 pp.

Combs, G.F., Scott, M.L. (1974): Dietary requirements for vitamin E and selenium measured at the cellular level in the chick. *Journal of Nutrition*, 104:1292-1296 pp.

Cotter, P.A., Craig, S.R., McLean, E. (2008): Hyperaccumulation of selenium in hybrid striped bass: a functional food for aquaculture? *Aquaculture Nutrition*, 14:215-222 pp.

Csaba, Gy., Gonda, E., Láng, M., Jánosi, Sz. (2004): Az intenzíven nevelt afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) betegségei és egy újabb kórkép hazánkban. XXVIII. Halászati Tudományos Tanácskozás, HAKI Szarvas 2004. máj. 12-13. 18. pp.

Csapó, J. (2001): Élelmiszer- és takarmányanalitikai gyakorlatok. Egyetemi jegyzet, 119-120 pp.

Csengeri, I., Rónyai, A., Gy. Papp, Zs., Biróné Oncsik, M., J. Sándor, Zs., Fazekas, J., Pekár, F., Gál, D., Kosáros, T., Potra, F., Iványi, I., Manninger, S., Abdulkadir, B., Jeney, Zs., Bakos, J., Nagy, Z., Puskás, L., Kitajka, K., Vörös, G., Farkas, D., Szitó, A., Jeney, G., Ardó, L., Lengyel, P., Békefi, E., Sadasviam, J.K., Lie, O. (2007): Fenntartható haltápok a tenyésztett halak húsa egészségügyi előnyeinek maximalizálásához: az AQUAMAX projekt bemutatása és előzetes eredményei. XXX. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2007. május. 16-17.

da Silva, R., Martinez, F.J., Villarroel, M., Sanchez-Vazquez, F.J. (2010): Daily feeding patterns and self-selection of dietary oil in Nile tilapia. *Aquaculture Research*, 42(1):157-160 pp.

Daar, A.S., Singer, P.A., Persad, D.L., Pramming, S.K., Matthews, D.R., Beaglehole, R., Bernstein, A., Borysiewicz, L.K., Colagiuri, S., Ganguly, N., Glass, R.I., Finegood, D.T., Koplan, J., Nabel, E.G., Sarna, G., Sarrafzadegan, N., Smith, R., Yach, D., Bell, J. (2007): Grand challenges in chronic non-communicable diseases. *Nature*, 450:494-496 pp.

De Silva, S.S., Gunasekera, R.M., Shim, K.F. (1991): Interactions of varying dietary protein and lipid levels in young red tilapia: Evidence of protein sparing. *Aquaculture*, 95(3-4): 305-318 pp.

De Silva, S.S., Francis, D.S., Tacon, A.G.J. (2011): Fish oils in Aquaculture: In retrospect. In: *Fish oil replacement and alternative lipid*

sources in aquaculture feeds. Turchini, G.M., Ng, W-K, Tocher, D.R. eds. CRC press, USA, 1-20.

Department of Health (1991): Dietary Reference Values for Food the United Kingdom, Committee on Medical Aspects of Food Policy, HMSO, London

Dong, Z.J., (2000): Selenium and fish nutrition: a review. Journal of Shanghai Fisheries University, 9:247-253 pp.

dos Santos, L.D., Furuya, W.M., da Silva, L.C.R., Matsushita, M., Silva, T.S.D. (2011): Dietary conjugated linoleic acid (CLA) for finishing Nile tilapia. Aquaculture Nutrition, 17(2):E70-E81 pp.

Elbaraasi, H., Mézes, M., Horváth, L. (2003): Investigations concerning sublethal dose of different selenium compounds in common carp larvae. Állattenyésztés és Takarmányozás 52(6):607-612 pp.

Elbaraasi, H., Mézes, M., Balogh, K., Horváth, L., Csengeri, I., Fébel, H. (2005): Effect of different dietary fat sources on production traits, lipid peroxide status and on the glutathione redox system in African catfish [*Clarias gariepinus* (Burchell)] fingerlings. Acta Biologica Hungarica, 56(1-2):165-168 pp.

Elia, A.C., Prearo, M., Pacini, N., Dörr, A.J.M., Abete, M.C. (2011): Effects of selenium diets on growth, accumulation and antioxidant response in juvenile carp. Ecotoxicology and Environmental Safety, 74:166–173 pp.

Failler, P. (2007): Future Prospects for fish and fishery products 4. Fish consumption in the European Union in 2015 and 2030 Part 1. European overview. FAO Fisheries Circular, No. 972/4, Part 1.

FAO (2001): Human vitamin and mineral requirements. <ftp://ftp.fao.org/docrep/Fao/004/y2809e/y2809e00.pdf>

FAO (2010): World aquaculture 2010. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 500/1
<http://www.fao.org/docrep/014/ba0132e/ba0132e00.htm>

FAO (2011) - Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service, <http://www.fao.org/fishery/statistics/en>

Fauconneau, B., Laroche, M. (1996): Characteristics of the flesh and quality of products of catfishes. *Aquatic Living Resources*, 9:165-179 pp.

Felton, S.P., Landolt, M.L., Grace, R. (1996): Effects of selenium dietary enhancement on hatchery-reared coho salmon, *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum), when compared with wild coho: hepatic enzymes and seawater adaptation evaluated. *Aquaculture Research*, 27:135-142 pp.

Flis, M., Sobotka, W., Antoszkiewicz, Z., Lipiński, K., Zduńczyk, Z. (2007): Effect of husked and naked oat used in the diets supplemented with linseed oil on the growth performance of pigs carcass and meat quality. *Archive für Tierzucht*, 50:161-171 pp.

Fogliano, V., Vitaglione, P. (2005): Review Functional foods: Planning and development. *Molecular Nutrition and Food Research*, 49: 256-262 pp.

Folch, J.M., Lees, M., Sloane-Stanley, G.H. (1957): A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226:495-509 pp.

Foster, L.H., Sumar, S., (1997): Selenium in health and disease: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37:211-228 pp.

Fox, T., Van den Heuvel, E., Atherton, C., Dainty, J.R., Lewis, D.J., Langford, N.J., Crews, H.M., Luten, J.B., Lorentzen, M., Sieling, F.W., van Aken-Schneyder, P., Hoek, M., Kotterman, M.J.J., van Dael, P., Fairweather-Tait, S.J. (2004): Bioavailability of selenium from fish, yeast and selenate: a comparative study in humans using stable isotopes. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58:343–349 pp.

Gatlin III, D.M., Wilson, R.P. (1984): Dietary selenium requirement of fingerling channel catfish. *Journal of Nutrition*, 114:627–633 pp.

Glencross, B.D. (2009): Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Reviews in Aquaculture*, 1:71–124 pp.

Goettl, J.P., Davies, P.H., (1978): *Water Pollution Studies*, pp. 6-14, *Departure of Natural Resources*, Colorado Division of Wildlife.

Görgün S. and Akpınar M.A. (2007): Liver and muscle fatty acid composition of mature and immature rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) fed two different diets. *Biologia, Bratislava*, 62:351-355 pp.

Gunstone, F.D, (2011): The world's oils and fats. In: Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds. Turchini, G.M., Ng, W-K, Tocher, D.R. eds. CRC press, USA, 61-98.

Hamilton, J.A. (1998): Fatty acid transport: difficult or easy? Journal of Lipid Research, 39: 467-481 pp.

Harka, Á., Sallai, Z. (2004a): A halak rendszere. In: Magyarország halfaunája, Nimfea Természetvédelmi Egyesület, Szarvas, 31-38. pp.

Harka, Á., Sallai, Z. (2004b): Halaink és elterjedésük. In: Magyarország halfaunája, Nimfea Természetvédelmi Egyesület, Szarvas, 222-223. pp.

Harris, C. (2000): Meat Products are Perfect as Functional Foods. Meat Processing International, Jan/Feb, 19

He, K., Song, Y.Q., Daviglus, M.L., Liu, K., Van Horn, L., Dyer, A.R., Greenland, P. (2004a): Accumulated evidence on fish consumption and coronary heart disease mortality - a meta-analysis of cohort studies. Circulation, 109:2705–2711 pp.

He, K., Song, Y., Daviglus, M.L., Liu, K., Van Horn, L., Dyer, A.R., Goldbourt, U., Greenland, P. (2004b): Fish consumption and incidence of stroke: a meta-analysis of cohort studies. Stroke, 35:1538–1542 pp.

Henderson, R.J., Tocher, D.R. (1987): The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. Progress in Lipid Research, 26:281-347 pp.

Hicks, B.D., Hilton, J.W., Ferguson, H.W. (1984): Influence of dietary selenium on the occurrence of nephrocalcinosis in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. Journal of Fish Disease, 7:379-389 pp.

Higgs, D.J., Morris, V.C., Levander, O.A. (1972): Effect of cooking on selenium content of foods. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 20:678-680 pp.

Hilton, J.W., Hodson, P.V., Slinger, S.J. (1980): The requirement and toxicity of selenium in Rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Journal of Nutrition, 110:2527–2535 pp.

Hodson, P.V., Hilton, J.W. (1983): The nutritional requirements and toxicity to fish of dietary and waterborne selenium. *Ecological Bulletin*, 35:335-340 pp.

Hoffman, L.C., Prinsloo, J.F., Theron, J., Casey, N.H. (1995): The genotypic influence of four strains of *Clarias gariepinus* on the larvae body proximate total lipid fatty acid amino acid and mineral compositions. *Comparative Biochemistry and Physiology B*, 110: 589-97pp.

Holub, B.J. (2006): Potential for functional food ingredients to reduce health care costs. International Food and Health Innovation Conference, Malmo, Sweden, October 25-27.

Honikel, K.O. (1998): Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49:447-457 pp.

Horváth, L., Urbányi, B. (2000): Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) szaporítása és tenyésztése. In: Halbiológia és haltenyésztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 332-334 pp.

<http://www.szarvas-fish.aranyoldalak.hu>

Hunt, A.O., Berkocz, M., Ozkan, F., Yalin, S., Ercen, Z., Erdogan, E., Gunduz, S.G. (2011): Effects of Organic Selenium on Growth, Muscle Composition, and Antioxidant System in Rainbow Trout. *Israeli Journal Of Aquaculture-Bamidgeh*, 63:1-10 pp.

Ip, C. (1998): Lessons from basic research in selenium and cancer prevention. *Journal of Nutrition*, 128:1845-1854 pp.

Ip, Y.K., Lau, I.Y., Wong, W.P., Lee, S.L.M., Chew, S.F. (2005) The African sharptooth catfish *Clarias gariepinus* can tolerate high levels of ammonia in its tissues and organs during four days of aerial exposure. *Physiological and Biochemical Zoology*, 78:630-640 pp.

ISO (1978): Animal feeding stuffs - Determination of crude ash. ISO 5984 International Organization for Standardization.

ISO (1985): Animal feeding stuffs - Determination of fat content. ISO 6492 International Organization for Standardization.

ISO (1997): Animal feeding stuffs - Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content - Kjeldahl method. ISO 5983 International Organization for Standardization.

ISO (2002): Animal and vegetable fats and oils – Determination of the content of trans fatty acid isomers of vegetable fats and oils – Gas chromatographic method. ISO 15304 International Organization for Standardization.

Jámborné, D. K., Bardócz, T. (2011): Magyarország halászata 2010-ben. <http://halaszat.kormany.hu/agazati-informaciok>

James, M.J., Cleland, L.G. (1997): Dietary n-3 fatty acids and therapy for rheumatoid arthritis. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 27:85–97 pp.

Jankowska, B., Zakes, Z., Zmijewski, T., Szczepkowski, M. (2010): Fatty acid profile of muscles, liver and mesenteric fat in wild and reared perch (*Perca fluviatilis* L.). *Food Chemistry*, 118:764-768 pp.

Jaramillo, F., Peng, L., Gatlin, D.M. III (2009): Selenium nutrition of hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) bioavailability, toxicity and interaction with vitamin E. *Aquaculture nutrition*, 15(2):160-165 pp.

Jauncey, K. (1979): Growth and Nutrition of Carp in Heated Effluents, PhD thesis, University of Aston in Birmingham.

Jauncey, K. (2000): Nutritional requirements. In: Tilapias: Biology and Exploitation. Beveridge, M.C.M., McAndrew, B.J. (Editors), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London, 327-375 pp.

Jobling, M., Larsen, A.V., Andreassen, B., Sigholt, T., Olsen, R.L. (2002): Influence of a dietary shift on temporal changes in fat deposition and fatty acid composition of Atlantic salmon post-smolt during the early phase of seawater rearing. *Aquaculture research*, 33:875-889 pp.

Justi, K.C., Hayashi, C., Visentainer, J.V., Souza, N.E., Matsushita, M. (2003): The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n -3 fatty acids. *Food Chemistry*, 80:489-493 pp.

Karapanagiotidis, I.T., Bell, M.V., Little, D.C., Yakupitiyage, A., Rakshit, S.K. (2006): Polyunsaturated fatty acid content of wild and farmed tilapias

in Thailand: Effect of aquaculture practices and implications for human nutrition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54:4304-4310 pp.

Karapanagiotidis, I.T., Bell, M.V., Little, D.C., Yakupitiyage, A. (2007): Replacement of dietary fish oils by alpha-linolenic acid-rich oils lowers omega 3 content in *Tilapia* flesh. *Lipids*, 42:547–559 pp.

Kok, F., Hofman, A., Witterman, J.C.M. (1989): Decreased Se levels in acute myocardial infarction. *Journal of the American Medical Association*, 261:1161-1164 pp.

Kovács, Gy. Radics, F., Váradi, L. (1994): Előzetes eredmények az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) feldolgozásáról. *Halászatfejlesztés*, 17:74-76. pp.

Kripner, V. (2009): A ponty, az afrikai harcsa és a Balaton. *Az Európai Unió agrárgazdasága*, 14(11-12):29-30. pp.

Larsen, R., Mierke-Klemeyer, S., Maehre, H., Elvevoll, E.O., Bandarra, N.M., Cordeiro, A.R., Nunes, M.L., Schram, E., Luten, J., Oehlenschläger, J. (2010a): Retention of health beneficial components during hot- and cold-smoking of African catfish (*Clarias gariepinus*) fillets. *Archiv für Lebensmittelhygiene*, 61(1):31-35 pp.

Larsen, R., Mierke-Klemeyer, S., Maehre, H., Elvevoll, E.O., Bandarra, N.M., Cordeiro, A.R., Nunes, M.L., Schram, E., Luten, J., Oehlenschläger, J. (2010b): Changes in health beneficial components during ice storage of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Archiv für Lebensmittelhygiene*, 61(4):139-144 pp.

Lee, S., Lee, J.H., Bai, S.C., Hung, S.S.O. (2010): Evaluation of the Dietary Toxic Level of Selenium (Se) in Juvenile Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41(Suppl.2):245-254 pp.

Legendre, M., Kerdchuen, N., Corraze, G., Bergot, P. (1995): Larval rearing of an African catfish *Heterobranchus longifilis* (Teleostei Clariidae). Effect of dietary lipids on growth survival and fatty acid composition of fry. *Aquatic Living Resources*, 8:355-363 pp.

Lemly, A.D. (2002): Symptoms and implications of selenium toxicity in fish: the Belews Lake case example. *Aquatic Toxicology*, 57:39-49 pp.

Lichtenstein, A.H., Appel, L.J., Brands, M., Carnethon, M., Daniels, S., Franch, H.A., Franklin, B., Kris-Etherton, P., Harris, W.S., Howard, B., Karanja, N., Lefevre, M., Rudel, L., Sacks, F., Van Horn, L., Winston, M., Wylie-Rosett, J. (2006): Diet and Lifestyle Recommendations Revision 2006: a scientific statement from the American Heart Association Nutrition Committee. *Circulation*, 114:82–96 pp.

Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., Klesius, P. (2011): Lipid and Fatty Acid Requirements of Tilapias. *North American Journal of Aquaculture*, 73:188–193 pp.

Lin, Y.H., Shiau, S.Y. (2005): Dietary selenium requirements of juvenile grouper *Epinephelus malabaricus*. *Aquaculture*, 250:356–363 pp.

Liu, K., Wang, X.J., Ai, Q.H., Mai, K.S., Zhang, W.B. (2010): Dietary selenium requirement for juvenile cobia, *Rachycentron canadum* L. *Aquaculture Research*, 41(10)e594-e601 pp.

Lorentzen, M., Maage, A., Julshamn, K. (1994): Effects of dietary selenite or selenomethionine on tissue selenium levels of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 121:359–367 pp.

Lunde, G., (1968): Activation analyses of trace elements in fish meal. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 19:432-434 pp.

Luten, J.B., Schram, E. (2006): Enrichment of functional selenium in farmed African catfish (*Clarias gariepinus*) by dietary modulation. In: *Seafood Research from Fish to Dish* (ed. by Luten, J.B., Jacobsen, C., Bekaert, K., Saebo, A., Oehlenschläger, J.), 193-200 pp. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.

Mandel, S., Packer, L., Youdim, M.B.H., Weinreb, O. (2005): Proceedings from the “Third International Conference on Mechanism of Action of Nutraceuticals”. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 16(9):513-520 pp.

Manning, B.B., Li, M.H., Robinson, E.H., Peterson, B.C. (2006): Enrichment of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fillets with conjugated linoleic acid and omega-3 fatty acids by dietary manipulation. *Aquaculture*, 261:337-341 pp.

Marik, P.E., Varon, J. (2009): Omega-3 dietary supplements and the risk of cardiovascular events: a systematic review. *Clinical Cardiology*, 32:365-372 pp.

Martins, C.T., C.M.M. Almeida, Alvito, P.C. (2011): Selenium content of raw and cooked marine species consumed in Portugal. *Food Analytical Methods*, 4:77-83 pp.

Mazza, G. (ed.) (1998): *Functional Foods: Biochemical and Processing Aspects*. Technomic Publishing Co. Lancaster/Basel

Menrad, K. (2003): Market and marketing of functional food in Europe. *Journal of Food Engineering*, 56:181–188 pp.

Mierke-Klemeyer, S., Larsen, R., Oehlenschläger, J., Maehre, H., Elvevoll, E.O., Bandarra, N.A., Parreira, R., Andrade, A.M., Nunes, M.L., Schram, E., Luten, J. (2008): Retention of health-related beneficial components during household preparation of selenium-enriched African catfish (*Clarias gariepinus*) fillets. *European Food Research and Technology*, 227:827-833 pp.

Miller, M.R., Nichols, P.D., Carter, C.G. (2007): Replacement of dietary fish oil for Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L) with a stearidonic acid containing oil has no effect on omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acid concentrations. *Comparative Biochemistry and Physiology B*, 146:197-206 pp.

Molnár E. (2011): Alkalmazott kutatások tovább feldolgozott halászati termékek előállítására céljából. Doktori értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

Molnár, T., Szabó, A., Szabó, G., Szabó, C., Hancz, C. (2006): Effect of different dietary fat content and fat type on the growth and body composition of intensively reared pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture Nutrition*, 12:173–182 pp.

Mozaffarian, D., Rimm, E.B. (2006): Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. *Journal of the American Medical Association*, 296:1885–1899 pp.

Muir, J., van Rijn, J., Hargreaves (2000): Production in intensive and recycle system. In: Tilapias: Biology and Exploitation. Beveridge, M.C.M.,

McAndrew, B.J. (Editors), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London 405-446 pp.

Nanton, D.A., Lall, S.P., Ross, N.W., McNiven, M.A. (2003): Effect of dietary lipid level on fatty acid beta-oxidation and lipid composition in various tissues of haddock, *Melanogrammus aeglefinus* L. Comparative Biochemistry and Physiology, 135B:95-108 pp.

Netleton, J.A. (2008): Concerning PUFA in fish. J Am Diet Assoc, 108:1830-1831 pp.

Neubronner, J., Schuchardt, J.P., Kressel, G., Merkel, M., von Schacky, C., Hahn, A. (2010): Enhanced increase of omega-3 index in response to long-term n-3 fatty acid supplementation from triacylglycerides versus ethyl esters. European Journal of Clinical Nutrition, 65:247–254 pp.

Ng, W.K. (2006): Palm oil: Malaysia's gift to the global aquafeed industry. In: Asian aquafeeds: Current developments in the aquaculture feed industry. Ng, W.K., Ng, C.K. editors, Malaysian Fisheries Society Occasional Publication, Kuala Lumpur 13:40-54 pp.

Ng, W.K., Lim, P.K., Boey, P.L. (2003): Dietary lipid and palm oil source affects growth, fatty acid composition and muscle alpha-tocopherol concentration of African catfish, *Clarias gariepinus*. Aquaculture, 215(1-4):229-243 pp.

Ng, W.K., Tocher, D.R., Bell, J.G. (2007): The use of palm oil in aquaculture feeds for salmonid species. European Journal of Lipid Science and Technology, 109(4): 394-399 pp.

Olsen, R.E., Henderson, R.J., McAndrew, B.J. (1990): The conversion of linoleic acid and linolenic acid to longer chain polyunsaturated fatty acids by *Tilapia (Oreochromis) nilotica* in vivo. Fish Physiology and Biochemistry, 8(3):261-270 pp.

Özogul, Y., Özogul, F., Alagoz, S. (2007): Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparative study. Food Chemistry, 103:217–223 pp.

Padley, F.B., Gunstone, F.D., Harwood, J.L. (1994): Occurrence and characteristics of oils and fats. In: Gunstone, F.D., Harwood, J.L., Padley,

F.B (szerkesztők), The Lipid Handbook, 2nd ed. Cambridge, Chapman and Hall, pp. 47-223.

Paripatananont, T., Lovell, R. (1997): Comparative net absorption of chelated and inorganic trace minerals in channel catfish *Ictalurus punctatus* diets. Journal of World Aquaculture Society, 28:62–67 pp.

Patel, P.S., Sharp, S.J., Luben, R.N., Khaw, K.T., Bingham, S.A., Wareham, N.J., Forouhi, N.G. (2009): Association between type of dietary fish and seafood intake and the risk of incident type 2 diabetes: the European prospective investigation of cancer (EPIC)-Norfolk cohort study. Diabetes Care, 32(10):1857-1863 pp.

Péteri A. (1987): Külföldi haltenyésztési technológiák (1.) A tilápia tenyésztésének módszerei. Halászat, 80(6):172-176. pp.

Péteri, A., Horváth, L., Radics, F., Pupánné, B.F. (1989): Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) tenyésztése. Halászat, 82(3):86-91 pp.

Pintér, K., Pócsi, L. (2002): A hazai halfajok: afrikai harcsa In: Gazdasági állataink – Fajtatlan Hal. Szerk. dr. Mihók Sándor, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 62-64 pp.

Poppe, T., Hastein, T., Frosli, A., Norheim, G., Heum, M. (1985): Vitamin E, selenium, copper and zinc in Atlantic salmon (*Salmo salar* L): Comparative studies of wild and farmed fish. Bulletin of the European Association of Fish Pathologists, 5:28-29 pp.

Poston, H.A., Combs, G.F., Leibovitz, L. (1976): Vitamin E and Selenium Interrelations in the Diet of Atlantic Salmon (*Salmo salar*): Gross, Histological and Biochemical Deficiency Signs. Journal of Nutrition, 106:892-904 pp.

Przyblski, R. (2005): Flax oil and high linolenic oils. In: Shahidi, F. (szerk.), Bailey's Industrial Oil and Fat Products, 6th ed. Hoboken, NJ, Wiley-Interscience, pp. 98-127.

Radics, F., Müller, P. (2005): A Szarvas-Fish Kft. intenzív haltermelése. Halászat, 98(3):92-94. pp.

Radics, F., Kovács, Gy., Kepenyés, J. (1994): Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) tenyésztése Magyarországon. Halászatfejlesztés, 17:69-73 pp.

Radics, F., Radicsné, R.J., Horváth, L., Kovács, Gy. (1995): Monoszex hím afrikai harca állomány előállítási programja. Halászatfejlesztés, 18:38-44 pp.

Rakocy, J.E. (2005): Cultured Aquatic Species Information Programme. *Oreochromis niloticus*. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 18 February 2005. [Cited 10 February 2012]. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en

Rayman, M.P. (2000): The importance of selenium to human health. *Lancet*, 356:233-241 pp.

Rayman, M.P. (2005): Selenium in cancer prevention: a review of the evidence and mechanism of action. *Proceedings of the Nutrition Society*, 64:527-542 pp

Reilly, C. (1998): Se: A New Entrant Into the Functional Food Arena. *Trends in Food Science and Technology*, 9:114–118 pp.

Rice, R. (2009): Nutritional value of fish oils. In: Rosell, B. (szerk.), *Fish oils*. Chichester, UK, Blackwell, pp. 131-154

Rider, S.A., Davies, S.J., Jha, A.N., Fisher, A.A., Knight, J., Sweetman, J.W. (2009): Supra-nutritional dietary intake of selenite and selenium yeast in normal and stressed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Implications on selenium status and health responses. *Aquaculture*, 295:282–291 pp.

Rider, S.A., Davies, S.J., Jha, A.N., Clough, R., Sweetman, J.W. (2010): Bioavailability of co-supplemented organic and inorganic zinc and selenium sources in a white fishmeal-based rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diet. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 94(1):99-110 pp.

Ross, L.G. (2000): Environmental physiology and energetics In: *Tilapias: Biology and Exploitation*. Beveridge, M.C.M., McAndrew, B.J. (Editors), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London 89-128 pp.

Rotruck, J.T., Pope, A.L., Ganther, H.E., Swanson, A.B., Hafeman, D.G., Hoekstra, W.G., (1973): Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase. *Science*, 179:585-590 pp.

Ruyter, B., Rosjo, C., Einen, O., Thomassen, M.S. (2000): Essential fatty acids in Atlantic salmon time course of changes in fatty acid composition of liver blood and carcass induced by a diet deficient in n-3 and n-6 fatty acids. *Aquaculture Nutrition*, 6:109-117 pp.

Santiago, C.B., Reyes, O.S. (1993): Effects of dietary lipid source on reproductive performance and tissue lipid levels of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) broodstock. *Journal of Applied Ichthyology*, 9:33-40 pp.

Sarudi, I., Sütő, Z., Csapóné, K.Zs., Sára P. (2006): Az étkezési tojás szeléntartalmának növekedése a szupplementáció kémiai formájától, mértékétől és időtartamától függően. Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, az MTA Élelmiszertudományi Komplex Bizottsága és a Magyar Élelmészeti Tudományos Egyesület 324. *Tudományos Kollokvium*. Budapest, 2006. ápr. 27. 296. 7. pp.

Schram, E., Pedrero, Z., Camara, C., Heul, J. W., Luten, J. B. (2008): Enrichment of African catfish with functional selenium originating from garlic. *Aquaculture Research*, 39:850-860 pp.

Schram, E., Schelvis-Smit, R. A. A. M., Van Der Heul, J.W., Luten, J.B. (2010): Enrichment of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell) with functional selenium originating from garlic: effect of enrichment period and depuration on total selenium level and sensory properties. *Aquaculture Research*, 41(6):793–803 pp.

Senzaki, H., Tsubara, A., Takada, H. (2001): Effect of eicosapentanoic acid on the suppression of growth and metastasis of human breast cancer cells *in vivo* and *in vitro*. *World Review of Nutrition and Dietetics* 88:117-125 pp.

Shahidi, F. (2009): Nutraceuticals and functional foods: Whole versus processed foods. *Trends in Food Science and Technology*, 20(9):376-387 pp.

Shapira, N., Weill, P., Sharon, O., Loewenbach, R., Berzak, O. (2009): n-3 PUFA fortification of high n-6 PUFA farmed tilapia with linseed could significantly increase dietary contribution and support nutritional expectations of fish. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57:2249-2254 pp.

Sidhu, K.S. (2003): Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 38:336-344 pp.

Simopoulos, A.P. (2002): The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed Pharmacother*, 56:365-379 pp.

Sioen, I., Haak, L., Raes, K., Hermans, C., De Henauw, S., De Smet, S., Van Camp, J. (2006): Effects of pan-frying in margarine and olive oil on the fatty acid composition of cod and salmon. *Food Chemistry*, 98:609-617 pp.

Soliman, A.K., Roberts, R.J., Jauncey, K. (1984): The pathological effects of feeding rancid lipid in diets for *Oreochromis niloticus* (Trewavas). In: *International Symposium on Tilapia in Aquaculture* (eds Fishelson, L., Yaron, Z.,) Tel Aviv University Press, Tel Aviv, Israel, 193-199 pp.

Spencer, G.F., Herb, S.F., Gormisky, P.J. (1976): Fatty acid composition as a basis for identification of commercial fats and oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 53:94-117 pp.

Spencer, L., Mann, C., Metcalfe, M., Webb, M., Pollard, C., Spencer, D., Berry, D., Steward, W., Dennison, A. (2009): The effect of omega-3 FAs on tumour angiogenesis and their therapeutic potential. *European Journal of Cancer*, 45:2077–2086 pp.

SPSS® For Windows™ (1999): Version 10., Copyright SPSS Inc., Chicago, IL, USA.

Stadtman, T.C. (1991): Biosynthesis and function of selenocysteine-containing enzymes. *Journal of Biological Chemistry*, 266:16257-16260 pp.

Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes of the Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, the National Academies with Health Canada. (2000): *Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids*. Washington DC: National Academy Press

Steffens, W. (1997): Effects of variation feeds on nutritive in essential fatty acids in fish value of freshwater fish for humans. *Aquaculture*, 151:97-119 pp.

Stewart, R.D.H., Griffiths, N.M., Thomson, C.D., Robinson, M.F. (1978): Quantitative selenium metabolism in normal New Zealand women. *British Journal of Nutrition*, 40:45-54 pp.

Stickney, R.R., McGeachin, R.B. (1983): Responses of *Tilapia aurea* to semi-purified diets of differing fatty acid composition. In *International Symposium on Tilapia in Aquaculture* (eds Fishelson, L., Yaron, Z.,) Tel Aviv University Press, Tel Aviv, Israel, 346-355 pp.

Stickney, R.R., Wurts, W.A. (1986): Growth response of blue tilapias to selected levels of dietary menhaden and catfish oils. *Progressive Fish-culturist*, 48(2): 107-109 pp.

Stubhaug, I., Froyland, L., Torstensen, B.E. (2005a): β -Oxidation capacity of red and white muscle and liver in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): effects of increasing dietary rapeseed oil and olive oil to replace capelin oil. *Lipids* 40:39-47 pp.

Stubhaug, I., Tocher, D.R., Bell, G., Dick, J.R., Torstensen, B.E. (2005b): Fatty acid metabolism of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) hepatocytes and influence of dietary vegetable oil. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1734: 277-288 pp.

Sunde, R.A. (1984): The biochemistry of selenoproteins. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 61:1891-1900 pp.

Sunde, R.A. (1997): Selenium. *Handbook of nutritionally essential mineral elements*. O'Dell, B.L., Sunde, R.A., eds. New York: Marcel Dekker Inc, 493-556 pp.

Suzuki, K.T. (2005): Metabolomics of selenium: Se metabolites based on speciation studies. *Journal of Health Science*, 51:107–114 pp.

Szabó, A. (2004): Effects of dietary fatty acids and physical activity on the fatty acid profile of rabbit muscles. PhD Thesis University of Kaposvar Hungary

Szakály, S. (2004): Probiotikumok és humánegészség, vissza a természethez. Magyar tejgazdasági Kísérleti Intézet, Budapest

Szathmári, L. (2007): Tógazdasági és természetes vízi halak feldolgozása. In: *Haltenyésztés* (szerk. Hancz, Cs.) Egyetemi jegyzet, 189. pp.

Szathmári, L., Radics, F., Fodor, B., Dankó, K. (2004): Tilápia termelés Magyarországon Geotermikus Vízforrás felhasználásával. XXX. Óvári Tudományos Napok Mosonmagyaróvár 70. pp.

Tacon, A.G.J. (1985): Nutritional Fish Pathology. UNDP/FAO, ADCP/REP/85, FAO, Rome, 22 pp.

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. pp.

Takeuchi, T., Satoh, S., Watanabe, T. (1983): Dietary lipids suitable for the practical feed of *Tilapia nilotica*. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 49:1361-1365 pp.

Teshima, S.I., Kanazawa, A., Sakamoto, M. (1982): Essential fatty acids of *Tilapia nilotica*. *Memoirs of Faculty of Fisheries, Kagoshima University*, 31:201-204 pp.

Thomson, C.D., Robinson, M.F., Butler, J.A., Whanger, P.D. (1993): Long-term supplementation with selenate and selenomethionine: selenium and glutathione peroxidase (EC 1.11 1.9) in blood components of New Zealand women. *British Journal of Nutrition*, 69:577–588 pp.

Tocher, D.R., Francis, D.S., Coupland, K. (2011): n-3 polyunsaturated fatty acid rich vegetable oils and blends. In: *Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds*. Turchini, G.M., Ng, W-K, Tocher, D.R. eds. CRC press, USA, 61-98.

Tonial, I.B., Stevanato, F.B., Matsushita, M., De Souza, N.E., Furuya, W.M., Visentainer, J.V. (2009): Optimization of flaxseed oil feeding time length in adult Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) as a function of muscle omega-3 fatty acids composition. *Aquaculture Nutrition*, 15:564-568 pp.

Torstensen, B.E., Tocher, D.R., (2011): The effects of fish oil replacement on lipid metabolism of fish. In: *Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds*. Turchini, G.M., Ng, W-K, Tocher, D.R. eds. CRC press, USA, 405-437

Torstensen, B.E., Lie, O., Froyland, L. (2000): Lipid metabolism and tissue composition in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): Effects of capelin oil,

palm oil, and oleic acid-enriched sunflower oil as dietary lipid sources. *Lipids*, 35: 653-664 pp.

Torstensen, B.E., Froyland, L., Lie, O. (2004a): Replacing dietary fish oil with increasing levels of rapeseed oil and olive oil – effects on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) tissue and lipoprotein lipid composition and lipogenic enzyme activities. *Aquaculture Nutrition*, 10:175-192 pp.

Torstensen, B.E., Froyland, L., Ornsrud, R., Lie, O. (2004b): Tailoring of a cardioprotective muscle fatty acid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar* L) fed vegetable oils. *Food Chemistry*, 87:567-580 pp.

Turan, F., Gurlek, M., Turan, C. (2007): Effects of Dietary Androstenedione Concentration on Growth of Tilapia Fry (*Oreochromis aureus* Linnaeus). *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh*, 59(1):32-35 pp.

Turner, G.F., Robinson, R.L. (2000): Reproductive biology, mating systems and parental care. In: *Tilapias: Biology and Exploitation*. Beveridge, M.C.M., McAndrew, B.J. (Editors), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London 33-58 pp.

Ulbricht, T.L.V., Southgate, D.A.T. (1990): Coronary Heart-Disease - 7 Dietary Factors *Lancet*, 338:(8773)985-992 pp.

Veszprémi B. (1958): Bölcsőszájú halak Magyarországon. *Halászat*, 5(8):160 pp.

Viola, S., Amidan, G. (1980): Observations on the accumulation of fat in carp and *Sarotherodon* (*Tilapia*) fed oil-coated pellets. *Bamidgeh*, 32(2): 33-40 pp.

Visentainer, J.V., de Souza, N.E., Makoto, M., Hayashi, C., Franco, M.R.B (2005): Influence of diets enriched with flaxseed oil on the α -linolenic, eicosapentaenoic and docosahexaenoic fatty acid in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Food Chemistry*, 90:557-560 pp.

Waagbo, R., Sandnes, K., Torrissen, O. J., Sandvin, A., Lie, Ř. (1993): Chemical and sensory evaluation of fillets from Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed three levels of n - 3 polyunsaturated fatty acids at two levels of vitamin E. *Food Chemistry*, 46:361–366 pp.

Wang, C., Lovell, R.T. (1997): Organic selenium sources, selenomethionine and selenoyeast, have higher bioavailability than an inorganic selenium source, sodium selenite, in diets of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, 152:223–234 pp.

Wang, Y.B., Han, J.Z., Li, W.F., Xu, Z.R. (2007): Effect of different selenium source on growth performances, glutathione peroxidase activities, muscle composition and selenium concentration of allogynogenetic crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). *Animal Feed Science and Technology*, 134(3-4):243-251 pp.

Waschulewski, I.H., Sunde, R.A. (1988): Effect of dietary methionine on utilization of tissue selenium from dietary selenomethionine for glutathione peroxidase in the rat. *Journal of Nutrition*, 118(3):367-374 pp.

Weaver, K.L., Ivester, P., Chilton, J.A., Wilson, M.D., Pandey, P., Chilton, F.H. (2008): The content of favorable and unfavorable polyunsaturated fatty acids found in commonly eaten fish. *Journal of the American Dietetic Association*, 108:1178-1185 pp.

Werner, C., Poontawee, K., Mueller-Belecke, A., Hoerstgen-Schwark, G., Wicke, M. (2008): Flesh characteristics of pan-size triploid and diploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in a commercial fish farm. *Archiv für Tierzucht*, 51:71-83 pp.

Wise, D.J., Tomasso, J.R., Gatlin III, D.M., Bai, S.C., Blazer, V.S. (1993): Effects of dietary selenium and vitamin E on red blood cell peroxidation, glutathione peroxidase activity, and macrophage superoxide anion production in channel catfish. *Journal of Aquatic Animal Health*, 5:177–182 pp.

Woynárovich, E. (1988): A nílusi tilápia – fantasztikus. *Halászat*, 81(4)112-113. pp.

Young, J.A., Muir, J.F. (2000): Economics and marketing. In: *Tilapias: Biology and Exploitation*. Beveridge, M.C.M., McAndrew, B.J. (Editors), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London 447-487 pp.

Zhou, X., Wang, Y., Gu, Q., Li, W. (2009): Effects of different dietary selenium sources (selenium nanoparticle and selenomethionine) on growth performance, muscle composition and glutathione peroxidase enzyme

activity of crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). *Aquaculture*, 291:78–81 pp.

<http://www.reportlinker.com/ci02036/Functional-Food.html>

12. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBŐL MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

Közlemény idegen nyelvű referált folyóiratban:

Biró, J., Hancz, Cs., Szabó, A., Molnár, T. (2009): Effect of sex on the fillet quality of Nile tilapia fed varying lipid sources. In: Italian Journal of Animal Science Volume 8 - Supplement 3, 225-227. p.

Molnár, T., **Biró, J.**, Balogh, K., Mézes, M., Hancz, Cs. (2012): Improving the nutritional value of Nile tilapia fillet by dietary selenium supplementation. In: The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh – 63:744. 9 p. (IF: 0,426)

Molnár, T., **Biró, J.**, Hancz, Cs., Romvári, R., Varga, D., Horn, P., Szabó, A. (2012): Fatty acid profile of fillet, liver and mesenteric fat in Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed vegetable oil supplementation in the finishing period of fattening. In: Archiv Tierzucht / Archives Animal Breeding – 55:194-205 (IF: 0,519)

Közlemény magyar nyelvű referált folyóiratban:

Biró, J., Stettner, G., Bázár, Gy., Hancz, Cs. (2008): Különböző olaj-kiegészítések hatása a tilápia főbb termelési és húsminőségi mutatóira. In: Animal welfare, Etológia és Tartástechnológia IV. Évfolyam – 2. szám, 592-597.o.

Csengeri, I., Gál, D., Kosáros, T., Pekár, F., Bakos, J., Potra, F., Kovács, Gy., Feledi, T., Fazekas, J., **Biró, J.**, J. Sándor, Zs., Gy. Papp, Zs., Jeney, Zs., Rónyai, A. (2011): A haltakarmányozás halliszt és halolaj nélkül? In: Állattenyésztés és Takarmányozás, 60(3):281-294. p.

Biró, J., Hancz, Cs., Szabó, A., Molnár, T. (2012): Az ivar és három különböző olaj-kiegészítés hatása a nílusi tilápia húsminőségére. Halászat, 2012. 105:26-28. p.

Proceedings-ben teljes terjedelemben megjelent közlemények:

Biró, J., Molnár, T., Szabó, G., Hancz, Cs. (2008): Az afrikai harcsa és a nílusi tilápia húsmínőségének és zsírsavprofiljának alakulása különböző olaj-kiegészítések hatására. 50. Jubileumi Georgikon Napok, Keszthely 2008. szeptember 25-26. ISBN: 978-963-9639-32-4 6 oldal terjedelem

Biró, J., Varga, D., Hancz, Cs., Molnár, T. (2010): Különböző mértékű szelén kiegészítés hatása az afrikai harcsa termelésére és a filé szelén tartalmára. In: Halászatfejlesztés, 32. 31-36. p.

Proceedings-ben megjelent abstractok:

Biró, J., Molnár, E., Szathmári, L., Hancz, Cs. (2008): Különböző olajok hatása az afrikai harcsa és a nílusi tilápia növekedésére és húsmínőségére. XXXII. Halászati Tudományos Tanácskozás, HAKI. Szarvas, 2008. május 14-15. 50. p.

Biró, J., Hancz, Cs., Szathmári, L., Molnár, E., Molnár, T., Szabó, G., Romvári, R., Szabó, A. (2008): Effects of different oil supplementations on meat quality and fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture Europe 2008. Krakow, Poland, September 15-18. 91-92. p.

Biró, J., Hancz, Cs., Szabó, A., Molnár, T. (2009): Fillet quality of Nile tilapia fed varying oil supplementations. First NACEE Conference of Young Researchers, Tyumen, Russia, April 28-29. 2009. 57-58 p.

Molnár, T., **Biró, J.,** Horváth, Z., Buzási, A., Varga, D., Hancz, Cs. (2010): Influence of altering feed selenium levels on the fillet selenium content and production traits of the African catfish (*Clarias gariepinus*). Aquaculture Europe 2010, Porto, Portugal, October 5-8, 2010. 569-570. p.

Molnár, T., **Biró, J.,** Horváth, Z., Hancz, Cs. (2011): Afrikai harcsán és tilápián végzett takarmányozási vizsgálatok funkcionális élelmiszer előállítása céljából. XXXV. Halászati Tudományos Tanácskozás, HAKI. Szarvas, 2011. május 25-26. p. 37.

Biró, J., Fébel, H., Hancz, Cs., (2011): Afrikai harcsán és tilápián végzett takarmányozási vizsgálatok funkcionális élelmiszer előállítása céljából. LIII.

Georgikon Napok, Keszthely, 2011. szeptember 29-30. Kivonat-kötet p.41.
(ISBN 978-963-9639-43-0)

Biró, J., Molnár, T., Balogh, K., Mézes, M., Hancz, Cs. (2012): Különböző mértékű szelén-kiegészítés hatása a nílusi tilápia termelésére, a filé szeléntartalmára és az antioxidáns kapacitásra. LIV. Georgikon Napok, 2012. október 11-12., Keszthely pp. 39.

Biró, J., Molnár, T., Balogh, K., Mézes, M., Hancz C. (2012): Influence of altering feed selenium levels on the fillet selenium content and production traits of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Domestication in Finfish Aquaculture Conference, Olsztyn, Lengyelország, 2012. October 23-25., pp. 90

13. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉN KÍVÜLI PUBLIKÁCIÓK

Közlemény idegen nyelvű referált folyóiratban:

Molnár, T., Kucska, B., Szabó, A., **Biró, J.**, Bercsényi, M., Hancz, Cs. (2012): Effect of graded dietary fish oil supplementation on body composition and fillet fatty acid composition of pike (*Esox lucius* L.). In: Acta Alimentaria, 41:86-93. (IF: 0,379)

Petrehele, A., Fodor, A., J. Sándor, Zs., Gy. Papp, Zs., Gy. Cseres, I., Józsa, V., Bogar, G., Cupsa, D., Petrus, A., Györe, K., **Biró, J.** (2012): Koros River Basin Water Quality Assessment. Analele Universităţii din Oradea, Fascicula: Protecţia Mediului, Vol. XVII, p.

Közlemény magyar nyelvű referált folyóiratban:

Györe, K., Józsa, V., Cupsa, D., Fodor, A., **Biró, J.**, Petrehele, A., Petrus, A., J. Sándor, Zs., Gy. Papp, Zs. (2012): A Körös-Berettyó víz-rendszerének halfaunisztikai vizsgálata. Pisces Hungarici 6 (2012) p. 59-70.

Proceedings-ben teljes terjedelemben megjelent közlemények:

J. Sándor, Zs., Gy. Papp, Zs., Fodor, A., Cupsa, D., Józsa, V., Györe, K., Petrus, A., Petrehele, A., **Biró, J.** (2012): Occurrence of Some Antibiotic Residues in the Aquatic Ecosystem of Körös River Basin. BALWOIS 2012 - 5th Conference on Water Climate and Environment, Ohrid, Republic of Macedonia, 28th May – 2nd June 2012

Proceedings-ben megjelent abstractok:

Lanszki, J., Hidas, A., Szentes, K., Révay, T., Lehoczky, I., **Biró, J.**, Weiss, S. (2005): Magyarországi vidrapopulációk (*Lutra lutra*) genetikai vizsgálatának előzetes eredményei. III. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia, Eger, 2005. nov. 3–6. 153. p.

Lanszki, J., Széles, L., G., **Biró, J.** (2005): Hogyan alkalmazkodnak a lápokon élő vidrák a száraz időszakhoz? III. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia, Eger, 2005. nov. 3–6. 154. p.

Lanszki, J., Seresné, P. Zs., Széles, L. G., **Biró, J.** (2006): Miből áll a hazai vidrák haltápláléka? XXX. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2006. május 24. -25. 37. p.

Molnár, T., Schindler, M., Molnár, M., Lanszki, J., **Biró, J.**, Magyary, I., Lehoczky, I. (2006): Genetic analysis of two European pond turtle (*Emys orbicularis* L.) population located in South Hungary. 1st European Congress of Conservation Biology, Eger, 2006. aug. 22-26. 138-139. p.

Lanszki, J., Molnár, M., **Biró, J.**, Molnár, T. (2006): Why otters (*Lutra lutra*) prey on European pond turtle (*Emys orbicularis*)? Experiences of a case study. 1st European Congress of Conservation Biology, Eger, 2006. aug. 22-26. 130. p.

Biró, J., Lanszki, J., Széles, L.G. (2006): Mit jelez a vidra hulladék? 7. Magyar Ökológus Kongresszus, Budapest, 2006. szept. 4-6. 30. p.

Trenovszki, M., Lugasi, A., Kertészné, L. V., Müller, T., Molnár, T., **Biró, J.**, Szabó, T., Urbányi, B. (2009): Intenzív rendszerben tartott ponty (*Cyprinus carpio* L.) takarmányozása különböző olajokkal dúsított tápokkal. XXXIII. Halászati Tudományos Tanácskozás, HAKI, Szarvas, 2009. május 27-28. 28. p.

M. Trenovszki, V. Kertészné Lebovics, T. Müller, T. Molnár, T. Szabó, **J. Biró**, B. Urbányi (2009): Influence of high contents of dietary oils on growth, fatty acid profile, body composition of common carp (*Cyprinus carpio* L.). Aquaculture Europe 2009, Trondheim, Norway. August 14 - 17, 2009. 614-615. p

Gy. Papp, Zs., Fodor, A., J. Sándor, Zs., Cupsa, D., Józsa, V., Gy. Cseres, I., Györe, K., Petrus, A., Petrehele, A., Bogar, G., Biró, J. (2011): Studies On Accumulation Properties Of Pharmaceuticals And Metabolites In The Ecosystem Of Körös River Basin. International Conference on Sciences, Nagyvárad, Románia, 2011. november 11-12. Vol. 1. p.33

J. Sándor, Zs., Csengeri, I., Gy. Papp, Zs., **Biró, J.**, Feledi, T., Rónyai, A. (2012): Élőtáplálék szervezetek dúsítási technológiájának fejlesztése. XXXVI. Halászati Tudományos Tanácskozás, HAKI, Szarvas, 2012. május 23-24. p. 19.

Gy. Papp, Zs., J. Sándor, Zs., Fodor, A., Józsa, V., Cupsa, D., Györe, K., Petrus, A., Petrehele, A., **Biró, J.** (2012): A „Gyógyszerek és származékaik akkumulációs tulajdonságainak vizsgálata a Körösök ökoszisztémájában” című HURO projekt első eredményei. XXXVI. Halászati Tudományos Tanácskozás, HAKI, Szarvas, 2012. május 23-24. p. 31.

J. Sándor, Zs., Gy. Papp, Zs., Fodor, A., Cupsa, D., Józsa, V., Györe, K., Petrus, A., Petrehele, A., **Biró, J.** (2012): Monitoring of some antibiotic residues in the aquatic ecosystem. “Zilele Farmaceutice Oradene” National conference. Ediția V, Universitatea din Oradea, Facultatea de Medicina si Farmacie, 2012. május 10-12.

Gy. Papp, Zs., J. Sándor, Zs., Biró, J., Fodor, A. (2012): Javaslat gyógyszermaradványok természetes úton történő eltávolítására szennyvíztisztítók elfolyó vizéből. II. Ökotoxikológiai Konferencia, Budapest, 2012. november 23., pp. 13

14. SZAKMAI ÖNÉLETRAJZ

1983. március 02-án születtem Budapesten. Általános iskolai tanulmányaimat a budapesti Móra Ferenc Általános Iskolában (1990-1994) és a Zápor Utcai Angol-Francia Tagozatos Általános Iskola és Gimnáziumban végeztem (1994-1998). Középiskolás éveimet a budapesti Árpád Gimnázium természettudományi tagozatán töltöttem 1998-2002 között, ahol 2002-ben sikeres érettségi vizsgát tettem. 2002-ben felvételt nyertem a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karára, agrármérnök szakra. 2007 nyarán okleveles agrármérnöki diplomát szereztem Állattenyésztés szakirányon. 2010-ben a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karán okleveles halászati szakmérnök diplomát szereztem.

2003-ban Pitman Business English szóbeli nyelvvizsgát, 2005-ben angol nyelvből középfokú, „C” típusú, mezőgazdasági szaknyelvi, majd 2010-ben olasz nyelvből alapfokú (B1), „C” típusú nyelvvizsgát tettem.

2007-ben felvételt nyertem a Kaposvári Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori iskolájába, ahol 2007-2010. között Ph.D. tanulmányaimat végeztem.

2010 szeptembere óta a Halászati és Öntözési Kutatóintézetben dolgozom tudományos segédmunkatársi, majd 2012 márciusától tudományos munkatársi beosztásban.

Egyetemi tanulmányaim alatt 4 hónapos svájci farmgyakorlaton vettem részt. Doktori képzésem során, 2008 szeptemberében és novemberében, valamint 2009 novemberében külföldi tanulmányúton voltam a lengyelországi Stanislaw Sakowitz Inland Fisheries Institute-ban.

15. MELLÉKLETEK

1. táblázat: Az 1. kísérletben alkalmazott tápok kémiai- és zsírsavösszetétele

	Alaptáp*	Szójaolajos	Lenolajos	Halolajos
Kémiai összetétel				
Száraz anyag (Sza.), %	86,50	86,10	87,20	87,80
Nyershamu, % Sza	7,70	7,77	7,55	7,66
Nyersfehérje, % Sza	53,40	47,90	48,30	47,40
Nyerszsír, % Sza	6,00	12,10	12,10	12,00
Nyersrost, % Sza	2,30	2,10	2,22	2,27
Zsírsav- összetétel				
C12:0	0,11	0,05	0,05	0,07
C14:0	0,86	1,71	1,62	4,35
C14:1 n5	0,13	0,06	0,05	0,12
C15:0	0,18	0,21	0,20	0,49
C16:0	21,19	14,63	12,92	15,63
C16:1 n7	4,79	2,06	2,00	3,97
C17:0	0,37	0,27	0,25	0,53
C17:1 n7	0,19	0,35	0,27	0,67
C18:0	5,75	4,11	3,54	2,72
C18:1 n9	27,34	20,63	18,26	15,78
C18:1 n11	-	1,98	1,82	2,26
C18:2 n-6 t	-	0,12	0,05	0,41
C18:2 n-6 c	33,16	34,45	25,42	15,94
C18:3 n-6	0,06	0,04	0,04	0,08
C18:3 n-3	1,73	4,46	19,14	2,66
C20:0	0,12	0,31	0,21	0,23
C20:1 n9	0,63	2,12	1,97	6,94
C20:2 n-6	0,20	0,27	0,27	0,34
C20:3 n-3	0,07	0,05	0,05	0,07
C20:3 n-6	0,01	0,10	0,12	0,15
C20:4 n-6	0,43	0,29	0,28	0,42
C20:5 n-3	0,70	2,53	2,50	5,52
C22:1 n9	0,02	2,36	2,14	8,19
C22:5 n-3	0,16	0,63	0,66	1,01
C22:6 n-3	1,66	6,02	5,95	11,06
C24:0		0,04	0,03	0,05
C24:1 n9	0,10	0,16	0,17	0,31
Σ n-3	4,32	13,69	28,30	20,33
Σ n-6	33,86	35,28	26,18	17,36
Σ n-6 / Σ n-3	7,84	2,58	0,93	0,85
Σ MUFA	33,20	29,72	26,69	38,24
Σ PUFA	38,18	48,96	54,48	37,69

* Kereskedelmi forgalomban kapható afrikai harcsa táp

2. táblázat: A 2. kísérletben alkalmazott tápok zsírsavösszetétele

	Alaptáp*	Szójaolajos	Lenolajos	Halolajos
Kémiai összetétel				
Száraz anyag (Sza.), %	88,00	87,10	86,76	86,72
Nyershamu, % Sza	4,90	5,14	5,07	5,03
Nyersfehérje, % Sza	39,00	38,88	37,14	36,34
Nyerszsír, % Sza	6,00	11,19	9,53	12,34
Nyersrost, % Sza	2,60	2,43	2,31	2,25
Zsírsav -összetétel				
C12:0	0,11	0,07	0,04	0,07
C14:0	0,86	3,65	0,88	4,22
C14:1n-5	0,13	0,10	0,03	0,12
C15:0	0,18	0,37	0,13	0,42
C16:0	21,2	15,05	11,52	15,20
C16:1n-7	4,79	3,27	1,24	3,70
C17:0	0,37	0,41	0,12	0,48
C17:1n-7	0,19	0,56	0,18	0,61
C18:0	5,75	2,91	3,67	2,67
C18:1n-9	27,3	16,03	17,61	14,9
C18:1n-7	ND	1,93	1,39	1,96
C18:2n-6t	ND	0,33	0,08	0,38
C18:2n-6c	33,2	23,10	30,91	19,1
C18:3n-6	0,06	0,07	0,02	0,08
C18:3n-3	1,73	4,16	24,5	3,72
C20:0	0,12	0,25	0,20	0,23
C20:1n-9	0,63	5,67	1,20	7,11
C20:2n-6	0,2	0,30	0,18	0,31
C20:3n-3	0,07	0,06	0,03	0,06
C20:3n-6	ND	0,12	0,08	0,14
C20:4n-6	0,43	0,33	0,16	0,36
C20:5n-3	0,7	4,64	1,37	5,20
C22:1n-9	ND	7,05	1,11	8,49
C22:5n-3	0,16	0,75	0,34	0,81
C22:6n-3	1,66	8,43	2,95	9,27
C24:0	ND	0,06	0,02	0,04
C24:1n-9	0,1	0,33	0,09	0,35
Σ SFA	28,7	22,7	16,6	23,3
Σ UFA	71,3	77,3	83,4	76,7
Σ MUFA	33,2	35,0	22,8	37,3
Σ PUFA	38,1	42,3	60,6	39,4
Σ n-3 PUFA	4,3	18,0	29,1	19,1
Σ n-6 PUFA	33,9	24,3	31,4	20,4
Σ n-6 / Σ n-3	7,8	1,3	1,1	1,1

* Kereskedelmi forgalomban kapható afrikai harsa táp

3. táblázat: A 3. és 4. kísérletben alkalmazott tápok kémiai összetétele és szeléntartalma

Összetevő (%)	
Szárazanyag	88
Nyersfehérje	45
Nyers zsír	6,4
Nyersrost	1,8
Kiegészítés Se (mg/kg)	Se tartalom (mg/kg)
0 (kontroll)	0,81
0,5	1,15
2	2,47
4	4,66

4. táblázat: Az 5. kísérletben alkalmazott tápok kémiai összetétele és szeléntartalma

Összetevő (%)	
Szárazanyag	88
Nyersfehérje	45
Nyers zsír	10
Nyers rost	1,8
Se tartalom (mg/kg)	4,48

5. táblázat: A 6. kísérletben alkalmazott tápok kémiai összetétele és szeléntartalma

Összetevő (%)	
Szárazanyag	88,00%
Nyersfehérje	35,00%
Nyerszsír	9,50%
Nyersrost	2,00%
Se tartalom (mg/kg)	2,37

6. táblázat: Az 5. és 6. kísérletekben alkalmazott tápok zsírsavösszetétele

Összetevő	Tilápia kontroll	Tilápia kezelt	Harcsa kontroll	Harcsa kezelt
Szójaolaj (%)	-	5,0	-	5,0
Szelén (mg/kg)	-	2,0		4,0
Zsírsav-összetétel				
C10:0	0,03	0,01	0,02	0,02
C12:0	0,07	0,03	0,08	0,06
C14:0	1,08	0,32	1,72	1,09
C14:1-n5	0,03	0,01	0,04	0,03
C15:0	0,16	0,08	0,23	0,16
C16:0	14,64	11,86	16,10	15,98
C16:1-n7	2,09	0,79	2,67	2,05
C17:0	0,32	0,23	0,34	0,34
C17:1-n7	0,12	0,11	0,19	0,17
C18:0	4,62	4,46	4,72	5,85
C18:1-n9	23,67	23,03	25,87	27,55
C18:2-n6c	39,97	49,50	33,83	34,94
C18:3-n6	0,13	0,07	0,14	0,12
C18:3-n3	4,63	6,00	4,44	4,26
C20:0	0,35	0,37	0,31	0,32
C20:1-n9	1,05	0,39	1,49	1,05
C20:2-n6	0,11	0,08	0,21	0,21
C20:3-n6	0,02	0,05	0,06	0,07
C20:3-n3	0,03	0,02	0,08	0,06
C20:4-n6	0,43	0,22	0,43	0,42
C20:5-n3	2,34	0,41	2,14	1,47
C22:0	0,25	0,38	0,21	0,25
C22:1-n9	0,18	0,08	0,19	0,11
C22:5-n3	0,31	0,16	0,40	0,30
C22:6-n3	3,36	1,32	4,10	3,13
Σ SFA	21,53	17,75	23,71	24,07
Σ UFA	78,47	82,25	76,29	75,93
Σ MUFA	27,14	24,42	30,44	30,96
Σ PUFA	51,33	57,83	45,85	44,96
Σ n3	10,68	7,91	11,18	9,21
Σ n6	40,66	49,91	34,67	35,75
Σ n6 / Σ n3	3,81	6,31	3,10	3,88

7. táblázat: A filé zsírsav-profiljának alakulása a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett afrikai harcsánál

	Lenolajos kezelés (LO)			Szójaolajos kezelés (SO)			Halolajos (HO) kezelés		
Zsírsav / hét	0	3	6	0	3	6	0	3	6
	átlag± szórás	átlag± szórás	átlag± szórás	átlag± szórás	átlag± szórás	átlag± szórás	átlag± szórás	átlag± szórás	átlag± szórás
C14:0	1,56± 0,12	1,63± 0,16	1,52± 0,24A	1,56± 0,12	1,62± 0,01	1,56± 0,16B	1,56± 0,12a	1,86± 0,40ab	2,34± 0,02bA
C14:1 n5	0,04± 0,01b	0,04± 0,00b	0,03± 0,01a	0,04± 0,01	0,04± 0,01	0,03± 0,00	0,04± 0,01b	0,04± 0,00b	0,03± 0,00a
C15:0	0,21± 0,02	0,18± 0,02	0,20± 0,02A	0,21± 0,02	0,20± 0,00	0,18± 0,01B	0,21± 0,02	0,23± 0,04	0,24± 0,01A
C16:0	22,58± 0,23b	21,9± 0,91b	20,4± 0,36aA	22,6± 0,23b	21,7± 0,71ab	21,5± 0,70aAB	22,6± 0,23b	22,7± 1,24b	21,0± 0,20aB
C16:1 n7	3,96± 0,20b	3,63± 0,32b	3,06± 0,19a	3,96± 0,20b	3,53± 0,11a	3,23± 0,18a	3,96± 0,20b	3,75± 0,10b	3,39± 0,13a
C17:0	0,25± 0,01	0,23± 0,02	0,24± 0,01	0,25± 0,01	0,24± 0,01	0,24± 0,02	0,25± 0,01	0,26± 0,02	0,24± 0,00
C17:1 n7	0,23± 0,01	0,20± 0,01	0,19± 0,05	0,23± 0,01b	0,19± 0,01a	0,19± 0,01a	0,23± 0,01b	0,21± 0,01a	0,20± 0,01a
C18:0	7,17± 0,23	7,63± 0,06B	7,47± 0,62	7,17± 0,23a	7,39± 0,16abA	7,90± 0,35b	7,17± 0,23a	7,00± 0,27aAB	7,87± 0,26b
C18:1 n9	29,26± 0,71	28,8± 0,95	27,8± 1,65	29,3± 0,71	28,8± 1,00	28,7± 0,74	29,3± 0,71	27,7± 1,90	27,4± 1,06
C18:1 n11	1,71± 0,12	1,64± 0,09	1,55± 0,08	1,71± 0,12	1,72± 0,01	1,64± 0,12	1,71± 0,12	1,77± 0,03	1,66± 0,05
C18:2 n-6 c	16,76± 0,97	16,5± 0,55A	16,8± 1,77B	16,8± 0,97	17,5± 0,56A	18,8± 1,92A	16,8± 0,97b	16,3± 0,53bB	13,3± 0,64aB
C18:2 n-6 t	0,04± 0,00	0,04± 0,00	0,04± 0,00	0,04± 0,00	0,04± 0,00	0,05± 0,01B	0,04± 0,00	0,04± 0,01	0,05± 0,01
C18:2 (9c, 11t)	0,03± 0,01	0,02± 0,00	0,03± 0,01	0,03± 0,01b	0,02± 0,00a	0,02± 0,00a	0,03± 0,01	0,02± 0,00	0,02± 0,00
C18:2 (9t, 11c)	0,25± 0,02	0,34± 0,14B	0,43± 0,01B	0,25± 0,02	0,32± 0,10A	0,30± 0,09C	0,25± 0,02a	0,41± 0,18a	0,64± 0,02bA
C18:3 n-3	3,09± 0,35a	5,45± 1,45b	6,05± 0,24bC	3,09± 0,35a	3,38± 0,13ab	3,71± 0,18bB	3,09± 0,35a	3,59± 0,77aA	4,91± 0,22bA
C20:2 n-6	0,53± 0,03	0,51± 0,04	0,50± 0,05	0,53± 0,03	0,50± 0,03	0,56± 0,09B	0,53± 0,03b	0,51± 0,04ab	0,46± 0,04a
C22:0	0,07± 0,01	0,07± 0,00A	0,08± 0,01A	0,07± 0,01a	0,08± 0,00aB	0,09± 0,01b	0,07± 0,01	0,08± 0,01B	0,08± 0,01B
C20:3 n-3	0,53± 0,04	0,57± 0,04	0,57± 0,07B	0,53± 0,04a	0,55± 0,05a	0,67± 0,07bA	0,53± 0,04b	0,58± 0,03b	0,41± 0,01aB
C22:1 n9	0,00± 0,00a	1,13± 0,31b	1,12± 0,23bB	0,00± 0,00a	1,07± 0,14b	1,15± 0,12b	0,00± 0,00a	1,58± 0,60b	2,59± 0,33cB

C20:4 n-6	0,58± 0,09	0,55± 0,07	0,48± 0,05	0,58± 0,09	0,55± 0,07	0,53± 0,13	0,58± 0,09	0,56± 0,03	0,48± 0,04
C22:2 n-6	0,03± 0,00	0,03± 0,00	0,04± 0,01	0,03± 0,00	0,03± 0,01	0,03± 0,00	0,03± 0,00	0,03± 0,00	0,03± 0,00
C20:5 n-3	1,23± 0,17	1,21± 0,24	1,40± 0,02B	1,23± 0,17	1,36± 0,03	1,15± 0,06A	1,23± 0,17a	1,50± 0,40a	2,19± 0,19bB
C22:4 n-6	0,11± 0,02	0,11± 0,02	0,09± 0,01	0,11± 0,02	0,10± 0,00	0,09± 0,01	0,11± 0,02b	0,11± 0,01b	0,08± 0,01a
C22:5 n-3	0,79± 0,04	0,79± 0,06	0,85± 0,08B	0,79± 0,04	0,80± 0,07	0,76± 0,03A	0,79± 0,04a	0,81± 0,12a	0,99± 0,02bB
C22:6 n-3	4,42± 0,05	4,63± 0,36	4,98± 0,55B	4,42± 0,05a	4,62± 0,31a	4,50± 0,21aA	4,42± 0,05a	4,94± 0,90a	6,20± 0,14bB
Σ SFA	32,09± 0,24b	31,9± 0,58b	30,1± 0,84aA	32,1± 0,24b	31,5± 0,24a	32,0± 0,27abB	32,1± 0,24	31,8± 0,62	32,0± 0,02B
Σ MUFA	35,21± 0,54	35,5± 1,03	35,2± 0,65	35,2± 0,54	35,4± 1,02	34,6± 0,24	35,2± 0,54	35,2± 1,62	34,9± 0,40
Σ PUFA	28,44± 0,67a	29,4± 2,55ab	31,9± 0,98bB	28,4± 0,67a	30,0± 1,34ab	30,6± 0,30bA	28,4± 0,67	29,4± 2,01	29,6± 0,88AB
Σ n-3	9,34± 0,36	11,0± 3,31	13,2± 0,11B	9,34± 0,36a	10,1± 0,44b	10,1± 0,37abC	9,34± 0,36a	10,8± 2,14a	14,5± 0,13bB
Σ n-6	18,06± 1,05	17,5± 0,98	18,0± 2,02B	18,1± 1,05	18,7± 0,54	19,4± 0,67A	18,1± 1,05b	17,6± 0,62b	14,4± 0,64a
Σ n-6 / Σ n-3	1,89± 0,22b	1,44± 0,34a	1,33± 0,07aB	1,89± 0,22	1,83± 0,01	1,86± 0,01A	1,89± 0,22b	1,68± 0,36b	1,05± 0,08aC
Σ n9	29,52± 0,72a	30,3± 0,52ab	31,5± 1,62b	29,5± 0,72	30,6± 0,60	30,5± 0,68	29,5± 0,72	29,7± 1,43	30,7± 0,84

A különböző kisbetűk a kezeléseken belüli, a különböző nagybetűk a kezelések közötti szignifikáns eltéréseket jelölik.

8. táblázat: A filé zsírsav-profiljának alakulása a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nilusi tilápiánál

Zsírsav	Filé		
	Szójaolaj	Lenolaj	Halolaj
12:0	0,04±0,00	0,04±0,01	0,05±0,01
C14:0	2,21±0,15 ^a	2,44±0,13 ^{ab}	3,09±0,26 ^b
C14:1n-5c	0,09±0,00	0,12±0,01	0,12±0,03
C15:0	0,19±0,05	0,19±0,01	0,25±0,02
C16:0	22,52±1,21	22,03±0,32	22,36±0,40
C16:1n-7c	3,17±0,26	4,07±0,48	4,75±0,87
C17:0	0,37±0,03	0,39±0,01	0,37±0,12
C17:1n-7c	0,20±0,00 ^a	0,22±0,03 ^a	0,35±0,01 ^b
C18:0	8,58±0,07 ^b	7,29±0,84 ^{ab}	6,43±0,16 ^a
C18:1n-9c	21,56±1,69	22,25±2,14	23,08±2,71
C18:2n-6c	15,87±0,29 ^b	13,76±1,00 ^{ab}	11,47±0,14 ^a
C18:3n-6c	0,63±0,16	0,57±0,12	0,45±0,11
C18:3n-3c	1,07±0,10 ^a	4,51±0,03 ^b	1,14±0,10 ^a
C20:0	0,23±0,01	0,23±0,02	0,20±0,01
C20:1n-9c	2,37±0,14 ^a	2,08±0,15 ^a	3,92±0,09 ^b
C20:2n-6c	1,20±0,04 ^c	0,84±0,07 ^b	0,63±0,02 ^a
C20:3n-3c	1,37±0,02 ^c	0,98±0,07 ^b	0,76±0,04 ^a
C20:3n-6c	0,28±0,01 ^b	0,84±0,01 ^c	0,19±0,01 ^a
C20:4n-6c	3,55±0,11 ^b	2,71±0,35 ^{ab}	1,89±0,03 ^a
C20:5n-3c	0,35±0,03	0,44±0,01	0,94±0,25
C22:0	0,08±0,00 ^b	0,07±0,00 ^b	0,06±0,00 ^a
C22:1n-9c	0,11±0,00 ^a	0,12±0,01 ^a	0,24±0,02 ^b
C22:5n-3c	1,75±0,12 ^a	2,14±0,00 ^{ab}	2,89±0,38 ^b
C22:6n-3c	11,97±0,91	11,39±0,12	14,10±3,13
C24:0	0,09±0,02 ^b	0,10±0,01 ^b	0,04±0,01 ^a
C24:1n-9c	0,15±0,00 ^a	0,16±0,01 ^{ab}	0,20±0,01 ^b
ΣSFA	34,32±1,53	32,78±1,35	32,87±0,06
ΣMUFA	27,64±2,10	29,03±2,83	32,67±3,48
Σn-3 PUFA	16,50±1,15	19,47±0,06	19,83±3,83
Σn-6 PUFA	21,54±0,59 ^b	18,72±1,54 ^b	14,63±0,29 ^a
ΣPUFA	38,04±0,57	38,19±1,48	34,46±3,54
n-6/n-3	1,31±0,12 ^b	0,96±0,08 ^{ab}	0,75±0,16 ^a
IA	0,48±0,04	0,47±0,02	0,52±0,01
IT	0,44±0,01	0,38±0,02	0,38±0,04

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek

9. táblázat: A máj zsírsav-profiljának alakulása a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nilusi tilápiánál

Zsírsav	Máj		
	Szójaolaj	Lenolaj	Halolaj
12:0	0,06±0,00	0,06±0,02	0,06±0,01
C14:0	5,11±0,59	4,88±0,26	5,32±1,15
C14:1n-5c	0,14±0,02	0,19±0,02	0,18±0,01
C15:0	0,14±0,01	0,14±0,05	0,15±0,03
C16:0	28,91±4,72	29,73±1,14	31,13±2,57
C16:1n-7c	5,05±0,41	6,40±1,33	6,83±0,03
C17:0	0,34±0,06	0,33±0,05	0,48±0,07
C17:1n-7c	0,22±0,07	0,21±0,03	0,30±0,04
C18:0	10,39±1,30	8,82±0,26	9,51±0,18
C18:1n-9c	30,11±2,52	27,78±4,31	29,31±0,13
C18:2n-6c	9,47±4,99	8,49±3,44	4,31±1,91
C18:3n-6c	0,50±0,24	0,43±0,14	0,25±0,08
C18:3n-3c	0,58±0,26 ^a	2,54±0,68 ^b	0,40±0,22 ^a
C20:0	0,19±0,01	0,19±0,06	0,16±0,00
C20:1n-9c	1,73±0,12	1,51±0,42	2,69±0,50
C20:2n-6c	0,57±0,19	0,41±0,17	0,24±0,07
C20:3n-3c	0,58±0,04	0,49±0,17	0,35±0,06
C20:3n-6c	0,12±0,05 ^{ab}	0,43±0,12 ^b	0,07±0,03 ^a
C20:4n-6c	1,38±0,38	1,14±0,12	0,85±0,07
C20:5n-3c	0,08±0,01	0,19±0,07	0,25±0,10
C22:0	0,04±0,00	0,05±0,02	0,03±0,01
C22:1n-9c	0,06±0,02	0,09±0,03	0,17±0,04
C22:5n-3c	0,41±0,04	0,87±0,32	0,81±0,32
C22:6n-3c	3,73±1,09	4,53±0,35	5,99±0,49
C24:0	0,01±0,02	0,04±0,00	0,00±0,00
C24:1n-9c	0,06±0,01	0,10±0,04	0,15±0,02
ΣSFA	45,20±6,50	44,22±0,41	46,85±3,78
ΣMUFA	37,39±2,30	36,27±5,15	39,63±0,43
Σn-3 PUFA	5,38±0,90	8,62±1,57	7,79±1,19
Σn-6 PUFA	12,03±5,10	10,89±3,99	5,72±2,16
ΣPUFA	17,41±4,20	19,51±5,56	13,52±3,35
n-6/n-3	2,34±1,33	1,24±0,24	0,72±0,16
IA	0,92±0,24	0,88±0,01	1,00±0,21
IT	1,08±0,18	0,87±0,08	0,98±0,18

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek

10. táblázat: A hasúri zsír zsírsav-profiljának alakulása a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nilusi tilápiánál

Zsírsav	Hasúri zsír		
	Szójaolaj	Lenolaj	Halolaj
12:0	0,06±0,00	0,05±0,01	0,06±0,00
C14:0	3,22±0,34	3,04±0,34	3,67±0,94
C14:1n-5c	0,15±0,00	0,17±0,02	0,16±0,01
C15:0	0,20±0,02	0,26±0,02	0,29±0,05
C16:0	22,83±1,14	21,56±0,88	22,56±0,19
C16:1n-7c	5,09±0,38	5,80±0,53	6,10±0,60
C17:0	0,35±0,05	0,43±0,01	0,52±0,08
C17:1n-7c	0,27±0,01 ^a	0,32±0,02 ^{ab}	0,42±0,06 ^b
C18:0	6,57±0,04 ^b	5,42±0,33 ^a	5,86±0,03 ^{ab}
C18:1n-9c	30,17±1,83	28,95±2,63	30,77±2,48
C18:2n-6c	19,80±0,54 ^b	17,04±1,16 ^b	13,50±0,09 ^a
C18:3n-6c	0,83±0,21	0,71±0,20	0,50±0,17
C18:3n-3c	1,48±0,17 ^a	5,13±0,03 ^b	1,22±0,25 ^a
C20:0	0,25±0,02	0,26±0,05	0,20±0,01
C20:1n-9c	2,83±0,07 ^a	3,03±0,12 ^a	4,42±0,44 ^b
C20:2n-6c	0,96±0,04 ^b	0,75±0,03 ^{ab}	0,58±0,11 ^a
C20:3n-3c	0,81±0,09	0,62±0,11	0,49±0,13
C20:3n-6c	0,28±0,04 ^a	0,78±0,03 ^b	0,19±0,01 ^a
C20:4n-6c	0,63±0,06	0,58±0,09	0,49±0,11
C20:5n-3c	0,18±0,00 ^a	0,33±0,04 ^{ab}	0,61±0,16 ^b
C22:0	0,09±0,01	0,09±0,01	0,07±0,00
C22:1n-9c	0,14±0,00	0,20±0,02	0,27±0,05
C22:5n-3c	0,78±0,07 ^a	1,32±0,07 ^{ab}	1,91±0,41 ^b
C22:6n-3c	1,84±0,21	2,89±0,32	4,84±1,20
C24:0	0,03±0,01	0,03±0,01	0,01±0,02
C24:1n-9c	0,16±0,01	0,21±0,02	0,29±0,06
ΣSFA	33,61±1,55	31,14±1,65	33,24±0,88
ΣMUFA	38,80±2,26	38,69±3,03	42,42±2,49
Σn-3 PUFA	5,09±0,36 ^a	10,30±0,07 ^b	9,07±1,89 ^{ab}
Σn-6 PUFA	22,50±0,35 ^b	19,87±1,45 ^b	15,26±0,29 ^a
ΣPUFA	27,59±0,71 ^{ab}	30,17±1,38 ^b	24,33±1,60 ^a
n-6/n-3	4,42±0,24 ^b	1,93±0,15 ^a	1,72±0,39 ^a
IA	0,54±0,05	0,49±0,04	0,56±0,06
IT	0,71±0,03 ^b	0,50±0,03 ^a	0,57±0,03 ^a

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek

11. táblázat: A filé és az ivarszervek zsírsav-profiljának alakulása a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nílusi tilápiánál

Zsírsav	Szerv	Szójaolaj		Lenolaj		Halolaj	
		tejes	ikrás	tejes	ikrás	tejes	ikrás
C18:2 n-6	Filé	15,8±0,29 ^B	13,9±2,06 ^{AB}	13,7±1,00 ^{AB}	14,2±1,27 ^{AB}	11,8±0,73 ^A	12,6±1,66 ^{AB}
	Gonád	13,3±0,39 ^{CD}	14,8±0,36 ^D	10,9±0,59 ^{BC}	12,2±0,85 ^C	8,23±1,06 ^A	9,10±0,60 ^{AB}
C20:4 n-6	Filé	3,55±0,11	4,15±1,21	2,71±0,35	3,27±1,04	2,18±0,51	3,02±1,13
	Gonád	9,98±1,20 ^D	3,90±0,36 ^{AB}	7,03±1,35 ^{CD}	2,67±0,18 ^A	6,09±0,79 ^{BC}	2,65±0,27 ^A
C18:3 n-3	Filé	1,07±0,10 ^B	0,79±0,22 ^{AB}	4,51±0,03 ^D	2,22±0,08 ^C	1,10±0,10 ^B	0,46±0,15 ^A
	Gonád	0,58±0,11 ^A	1,18±0,15 ^{A^B}	3,01±1,35 ^{BC}	4,66±0,46 ^C	0,60±0,12 ^A	0,50±0,30 ^A
C20:5 n-3	Filé	0,35±0,03	0,46±0,03	0,44±0,01	0,48±0,15	0,96±0,19	0,34±0,09
	Gonád	0,69±0,03 ^A	0,25±0,02 ^A	1,02±0,49 ^{AB}	0,39±0,04 ^A	2,04±0,51 ^B	0,39±0,10 ^A
C22:6 n-3	Filé	11,97±0,91	12,97±2,98	11,39±0,12	10,08±2,98	15,22±2,94	6,99±2,98
	Gonád	16,2±1,26 ^A	13,6±2,11 ^A	17,1±5,19 ^{AB}	12,2±0,40 ^A	25,3±1,45 ^B	16,7±1,26 ^A
DHA/EPA	Filé	34,4±0,64 ^C	28,0±4,95 ^{BC}	26,0±0,82 ^B	21,2±0,26 ^{AB}	15,8±1,23 ^A	20,8±2,60 ^{AB}
	Gonád	23,5±0,96 ^A	54,5±9,01 ^C	17,6±3,30 ^A	31,7±4,12 ^{AB}	13,0±3,82 ^A	43,4±4,84 ^{BC}
SFA	Filé	34,3±1,53	33,4±2,30	32,7±1,35	32,9±0,83	32,0±1,43	33,9±1,57
	Gonád	32,9±0,56	32,8±3,03	31,1±0,16	30,9±0,33	31,3±0,40	29,6±1,68
MUFA	Filé	27,6±2,10 ^A	28,9±0,37 ^A	29,0±2,83 ^A	31,6±2,48 ^{AB}	31,4±3,24 ^{AB}	38,6±1,43 ^B
	Gonád	17,3±3,35 ^A	27,7±0,90 ^{ABC}	19,9±7,03 ^{AB}	30,5±0,68 ^{BC}	17,9±1,58 ^A	35,6±0,79 ^C
n-3PUFA	Filé	16,5±1,15 ^{AB}	17,6±3,52 ^{AB}	19,4±0,06 ^{AB}	15,8±3,56 ^{AB}	21,1±3,47 ^B	10,2±3,54 ^A
	Gonád	23,0±1,87 ^A	18,3±1,87 ^A	27,3±5,70 ^{AB}	21,0±0,19 ^A	34,7±1,31 ^B	20,8±1,03 ^A
n-6PUFA	Filé	21,5±0,59 ^C	19,9±0,85 ^{BC}	18,7±1,54 ^{ABC}	19,5±0,25 ^{BC}	15,4±1,37 ^A	17,2±0,55 ^{AB}
	Gonád	26,6±2,04 ^C	21,1±0,27 ^B	21,6±1,16 ^B	17,5±0,55 ^{AB}	15,9±1,17 ^A	13,8±0,41 ^A
n-3/n-6	Filé	0,77±0,07 ^A	0,89±0,21 ^{AB}	1,04±0,09 ^{AB}	0,81±0,19 ^{AB}	1,37±0,20 ^B	0,59±0,20 ^A
	Gonád	0,86±0,00 ^A	0,87±0,08 ^A	1,26±0,20 ^{AB}	1,20±0,05 ^{AB}	2,18±0,15 ^C	1,51±0,06 ^B

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek

12. táblázat: A filé zsírsav-profiljának alakulása a szójaolaj és szelén kiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nilusi tilápiánál és afrikai harcsánál

Zsírsav	Kezdő		8. hét			
	Tilápia	Afrikai harcsa	Tilápia		Afrikai harcsa	
			kontroll	kezelt	kontroll	kezelt
C14:0	2,29±0,66b	1,18±0,11a	1,14±0,39a	1,35±0,51a	0,93±0,09a	0,92±0,08a
C16:0	21,45±1,84a	23,96±0,90b	21,67±0,42a	20,28±0,78a	20,68±1,07a	20,37±0,73a
C16:1n-7c	3,85±1,45b	3,32±0,24ab	2,17±0,93a	2,19±1,14a	2,26±0,25a	2,16±0,21a
C18:0	8,41±1,40a	9,43±1,11ab	10,56±0,95b	9,85±1,63ab	10,02±0,38ab	9,53±0,32ab
C18:1n-9c	24,18±6,18b	34,03±1,87c	16,77±3,87a	16,70±3,00a	27,62±2,69bc	27,22±2,95b
C18:2n-6c	15,46±2,07a	13,06±0,74a	14,66±0,80a	18,43±2,38b	15,67±1,52ab	18,28±1,27b
C18:3n-3c	0,93±0,26ab	0,89±0,06ab	0,78±0,09a	1,16±0,28bc	1,42±0,18c	1,82±0,24d
C20:1n-9c	2,34±0,45c	1,75±0,22b	1,38±0,26ab	1,15±0,21a	1,72±0,11b	1,54±0,13ab
C20:2n-6c	1,07±0,15bc	0,54±0,05a	1,38±0,20cd	1,69±0,42d	0,75±0,08ab	0,78±0,13ab
C20:3n-6c	1,11±0,21b	0,67±0,10a	1,31±0,06bc	1,56±0,29c	1,04±0,17b	1,18±0,19b
C20:4n-6c	5,05±2,94b	1,11±0,28a	8,30±1,48c	9,40±1,76c	1,64±0,36a	1,51±0,48a
C20:5n-3c	0,48±0,19a	1,23±0,27b	0,60±0,13b	0,36±0,06a	1,86±0,33c	1,66±0,32c
C22:5n-3c	1,77±0,60c	0,67±0,09a	1,98±0,18c	1,49±0,35bc	1,11±0,22ab	1,09±0,25ab
C22:6n-3c	9,09±4,46a	6,41±1,40a	15,09±3,06b	11,98±4,56ab	11,60±2,64ab	10,31±2,73ab
ΣSFA	33,16±2,16ab	35,52±1,28c	34,29±0,40bc	32,34±1,37ab	32,59±1,20ab	31,68±0,85a
ΣMUFA	30,80±7,66b	39,44±1,95c	20,57±5,11a	20,31±4,31a	31,87±2,96bc	31,17±3,20b
Σn-3 PUFA	12,48±4,97ab	9,30±1,68a	18,73±3,24b	15,31±4,66ab	16,16±3,04b	15,04±3,06b
Σn-6 PUFA	23,54±2,96cd	15,72±1,06a	26,40±1,79d	32,02±3,22e	19,36±1,49ab	22,08±1,49bc
ΣPUFA	36,03±6,86b	25,02±2,23a	45,13±4,90c	47,34±3,52c	35,52±3,40b	37,13±3,86b
n-6/n-3	2,10±0,67ab	1,74±0,38ab	1,43±0,15ab	2,34±1,01b	1,23±0,23a	1,52±0,38ab
IA	0,46±0,07c	0,44±0,02bc	0,40±0,02abc	0,39±0,04ab	0,36±0,02a	0,35±0,01a
IT	0,51±0,10ab	0,62±0,06b	0,42±0,03a	0,44±0,05a	0,42±0,05a	0,43±0,05a

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek