

ELŐSZÓ

Az Acta Agrária Kaposváriensis 1997 óta jelent meg évente általában három alkalommal egészen 2012 elejéig. A Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának strukturális átszervezését követően teljes joggal merült fel a lap újraindításának igénye. Az Acta Agrária Kaposváriensis másfél évtizedes folyamatos megjelentetése - ma már joggal állítható - fontos küldetést teljesített eredményesen. Annak ellenére mondhatom ezt teljes meggyőződéssel, hogy sokan a tudományos körökben némi szkepticizmussal viszonyulnak általában az egyetemi karok, és más kutatóhelyek által gondozott és kiadott tudományos folyóiratokhoz. E helyen szeretnénk arra is visszatekinteni, hogy a Kaposvári Egyetem Agrár- és Környezettudományi Karának korábbi jogelődje még a Kaposvári Mezőgazdasági Főiskola az 1970-es, 1980-as években kiadott „Szaktanácsok” címet viselő kiadványa széles körben elismert és sokra becsült, rangos szakfolyóirat volt, amelyet különösen sokan olvastak nemcsak a társintézmények és kutatóhelyek munkatársai, hanem az állattenyésztés professzionális gyakorlatát művelő szakemberek, kollégák is. Karunkat a tradíciók alapján is úgy érzem, kötelezi a hagyományok folytatására a jelenkor.

Az Acta Agrária Kaposváriensis missziója hasonló szerep betöltésére vállalkozik a jövőben is, mint több hazai és külföldi társintézmény tudományos kiadványai: publikációs lehetőséget teremt PhD hallgatóinknak, bevezetve őket a magyar és angol nyelvű tudományos publikációk megírásának gyakorlatába, továbbá lehetővé teszi azt is, hogy intézményünkkel együttműködő vállalatok munkatársai is a kar oktatóival, kutatóival együtt végzett színvonalas munkáikról beszámolhassanak. Természetesen nem zárkózunk el attól sem, hogy társintézményeinkben dolgozó vagy velünk együttműködő szerzői csoportok közleményei is itt jelenjenek meg. Természetesen az Acta Agrária Kaposváriensis egy tudományos folyóirat a nemzetközi és a hazai lapok közül, amelyek a potenciális szerzők előtt nyitva állnak. Széleskörűen elfogadott és a gyakorlatban jól ismert jelenség az, hogy csaknem minden tudományos kutatásnak - végezze azt még a legkiválóbb kutatócsoport is - keletkeznek olyan eredményei, amelyek a legrangosabb, impact faktoralal is rendelkező folyóiratokban még nem közölhetők, mégis nagyon hasznosak és értékesek egy adott területet művelők számára. Utóbbi esetekben is az Acta Agrária Kaposváriensis biztosíthat számukra megjelenési lehetőséget.

Új vonása az Acta Agrária Kaposváriensis megjelentetésének, hogy a papíralapú megjelenést online megjelenésre kívánjuk cserélni. Lehetővé teszi ezt az, hogy intézményünk számára jogtisztán áll rendelkezésére az Open Journal System, a világ egyik legnépszerűbb tudományos folyóiratok kiadásához készített szoftver rendszere. Az interneten történő megjelentetés azzal az előnnyel is jár, hogy az internetes keresők és nemzetközi adatbázisok automatikusan és azonnal indexelik a cikkeket, szélesre nyitva a nemzetközi megismerés lehetőségét és sokszorosára növelve az adott cikkekre történő hivatkozások esélyét.

Abban a reményben köszöntöm az Acta Agrária Kaposváriensis újraindítását, hogy sikeresen teljesíti remélt küldetését és nagyon bízom abban is, hogy intézményünk alkotó közössége és partnereink folyamatosan színvonalas tanulmányokkal fogják ellátni a szerkesztőséget, hasznosan szolgálva tudományterületünk továbbfejlesztését.

A szerkesztőbizottság nevében:

Horn Péter
az MTA rendes tagja
a szerkesztőbizottság elnöke

Kaposvár, 2013. december

A küllemi tulajdonságok és a hasznos élettartam közötti kapcsolat holstein-fríz fajtában (Review)

Szögi Sz., Bokor Á., Holló I.

Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Állattudományi Intézet
7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

Irodalmi összefoglalójukban a szerzők a küllemi tulajdonságok és az élettartam közötti összefüggésekkel foglalkozó kísérletes vizsgálatok eredményeit ismertetik és elemzik a holstein-fríz fajtában. Megállapítják, hogy a tejelő marha nemesítésében növekvő figyelem fordul a jövedelmezőséget nagy mértékben befolyásoló élettartam javítására. A hasznos élettartam gyenge öröklődhetőségi értékkel bír, így annak javítása többek között a küllemi tulajdonságokra irányuló közvetett szelekciós módszerek alkalmazásával valósulhat meg. A hosszabb hasznos élettartamú tehenek küllemi bélyegeinek meghatározásában azonban különbség mutatkozik az egyes országokban, eltérő módszerekkel végzett vizsgálatok eredményeiben. Ezek alapvetően a vizsgált állományok nemesítési célkitűzéseire, szelekciós eljárásaira, környezeti viszonyaira vezethetők vissza, valamint, az adatok elemzésére alkalmazott egymástól eltérő statisztikai eljárások és módszerek használatával magyarázhatók. Ugyanakkor egyértelmű, hogy a hasznos élettartamra irányuló tenyésztérbecslés során az adott országban, állományban fontosnak tartott küllemi tulajdonságok vizsgálata feltétlenül szükséges.
(Kulcsszavak: holstein-fríz, hasznos élettartam, küllemi tulajdonságok)

ABSTRACT

Relationship between longevity and conformation traits in Holstein breed (Review)

Sz. Szögi, Á. Bokor, I. Holló

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Animal Sciences
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

An overview and analysis of bibliographical data about relationship between conformation and longevity in the Holstein cattle was given. The genetic improvement of the dairy cattle pays more and more attention on the longevity since, it has effect on the profitability of this sector. Selection on the conformation traits can be an option to improve the longevity, in spite of its low heritability. There is clear evidence that the description of the conformation traits of the dairy cattle with long lifetime differs among the countries. This can lead back to different breeding goals, selection methods, environmental factors and the used statistical analysis. At the same time it is evident to examine the conformation traits in a given herd or in a given country and necessary to use it for estimation of breeding values for longevity.

(Keywords: Holstein Friesian, longevity, conformation traits)

BEVEZETÉS

A holstein-fríz fajta létszámában a világ legnagyobb tejtermelő populációját alkotja. A fajtában nemzetközi keretek között végzett szelekciós munkával biztosítják a folyamatos genetikai előrehaladást és a fogyasztói igényekhez történő gyors alkalmazkodás lehetőségét. A fejlődő tenyésztési, tartási, takarmányozási, állategészségügyi és szaporodásbiológiai ismeretek gyakorlatban való alkalmazása, a tehenenkénti produkciós teljesítmények dinamikus javulását eredményezték. Mindezek mellett azonban, a tejtermelés növelésére folytatott egyoldalú szelekció, illetve a nagyobb termelési teljesítménnyel rendelkező tehenek környezettel szemben támasztott igényének nem kellő hangsúllyal történő figyelembevétele, számos kedvezőtlen hatást is eredményezett. A nagy tejtermelésű tehenek reprodukciós és élettartamra vonatkozó tulajdonságai romlottak, az azokat jellemző paraméterek kedvezőtlen irányba változtak.

Világszerte elterjedt és elismert tejelő fajtáról lévén szó, a funkcionális tulajdonságok kedvezőtlen irányú változása globális kiterjedésű problémát okoz a holstein-fríz fajta esetében. A világ holstein-fríz állományának meghatározó részét adó amerikai populációt épp úgy jellemzi a csökkenő reprodukciós teljesítmény (Wiggans, 2009), mint a hazai, vagy más, az európai holstein-tenyésztés élvonalába tartozó ország állományát. A folyamatosan csökkenő állománylétszám mellett a magyarországi holstein-fríz populáció átlagos laktációs száma 2,3; a két ellés között eltelt idő pedig 444 nap (ÁT Kft., 2013). A kényszerű korai selejtezések miatt, nincs lehetőség a tejtermelés genetikai potenciáljának kifejeződésére, hiszen a tehenek csúcstermelése csak a későbbi, 4–5. laktációban következhetne be (Bauer és mtsai., 1993).

A Skandináv országok kivételével a szelekcióban a hangsúly döntően a tehenenkénti tejhozam növelésére irányult, miközben a tejtermelés jövedelmezőségét meghatározó mértékben befolyásolja még a tehenek hasznos élettartamára, reprodukciós tulajdonságaira és az egészségügyi állapotára vonatkozó egyéb tulajdonságok is.

A funkcionális tulajdonságok, mint a hasznos élettartam, az ellés lefolyása, és a termékenység, javítása valós probléma megoldása elé állítja a tenyésztő társadalmat. Mindehhez a környezeti tényezők hangsúlyosabb figyelembevételén túl, az adott értékmérőkre történő közvetlen, és más, nagyobb öröklődhetőségi értékű tulajdonságokon keresztül folytatott közvetett szelekciós módszerek alkalmazására egyaránt találunk példát. Az észak-amerikai kontinensen alkalmazott szelekciós indexben 1994-ben szerepelt először funkcionális tulajdonság, a hasznos élettartam. Ezt követően 2000-ben a küllemi, majd 2003-ban a fertilitási és elléslefordulási tenyészértékek is szerepeltek az amerikai TPI indexben (VanRaden, 2004). Európában csak a 2000-es évek végétől szerepeltek az indexekben a küllemi és egészségi tenyészértékek (Miglior, 2005). A funkcionális tulajdonságok előtérbe kerülése alapvetően változtatta meg a szelekciós döntések irányát: a tejmenyiségből származó bevételek további növeléséről a bevételek mértékét negatívan befolyásoló költségek csökkentésére került át a hangsúly.

A hasznos élettartamra történő direkt szelekció hatékonyságát negatívan befolyásolja a tulajdonság alacsony öröklődhetőségi értéke, mely több vizsgálat eredménye alapján 0,03 és 0,12 között alakul (Van Doormaal és mtsai., 1985; Jairath és mtsai., 1998; Cruickshank és mtsai., 2002).

A küllemre vonatkozó információk viszonylag fiatal életkorban, általában az első ellést követően kerülnek rögzítésre, és a legtöbb esetben nagyobb öröklődhetőségi értékkel rendelkeznek, mint az élettartam mutatók (Cruickshank és mtsai., 2002; Kadarmideen és Wegmann, 2003). Az ellenálló képességre, a konstitúció minőségére előre lehet következtetni a szervezeti szilárdságból (Berta és Béri, 2005). A mai

tejtermelő tehenészetek telep és istállóméreteit, műszaki fejlesztéseit és megoldásait ismerve, egyre nagyobb igény jelentkezik a problémamentes, funkcionálisan kiváló láb-, tőgyszerkezettel és faralakulással bíró tehenekre, melyek hosszú időn keresztül képesek a magas szintű tejtermelésre. A küllemi bíráló jelentősége növekszik, melyet a küllemi tulajdonságok, és a hasznos élettartam közötti kapcsolatnak köszönhet.

Több vizsgálat által bizonyított tény, hogy a küllemi tulajdonságok és az élettartam között gyenge-közepes genetikai kapcsolat tapasztalható (*Short és Lawlor, 1992; Jairath és mtsai., 1998; Weigel és mtsai., 1998; Larroque és Ducrocq, 1999*). Ennek megfelelően számos kutató a küllemi tulajdonságok javításán keresztül képzei el a funkcionális tulajdonságok javítását, azonban mind a hazai, mind a nemzetközi szakirodalmat tanulmányozva, több esetben is egymásnak ellentmondó eredményekkel záruló vizsgálatok sorával találkozunk. A dolgozat célja, a küllemi tulajdonságok és az élettartam közötti kapcsolat kutatására irányuló vizsgálatok eredményeinek bemutatása és elemzése.

Élettartam és hasznos élettartam

Az élettartam – gazdasági jelentősége miatt – kitüntetett figyelemmel bír a tejelő marha tenyésztésben (*Essl, 1998*). Az irodalomban található élettartammal kapcsolatos definíciók, az azokat elemző statisztikai módszerek és eredmények nagymértékű differenciát mutatnak. Az alkalmazott kifejezések alapvetően az élettartam és megmaradási hányad („stayability”) fogalmak köré csoportosíthatóak. Az élettartamhoz kapcsolódó kifejezések a következők:

- élettartam – a születés és a kikerülés között eltelt időtartam, mely a külföldi szakirodalmakban többször a „herd life” kifejezésként szerepel,
- hasznos élettartam („productive life”) – az első ellés és a kikerülés között eltelt időszak,
- élettéljesítmény – az összes tejelő nap alatt megtermelt tej mennyisége, valamint az összes tejelő napok száma.

A megmaradással kapcsolatos tulajdonságok egy adott életkorhoz kapcsolódó (36, 48, 72 hónap) túlélést, vagy az első ellést követő megmaradást (pl. 12, 36 hónap), vagy egy adott laktációs számot elérő túlélést vizsgálnak (*Vollema, 1998b*).

Csukás (1954) már a 20. század közepén említi az élettartammal kapcsolatos kifejezések keveredését. Az élettartammal kapcsolatosan három fogalmat említ: az átlagos (várható élettartam, mely inkább az üzemgazdasági megfontolásoktól függ) a jellegzetes (az állomány veleszületett alkati hajlamától függ) és a maximális, mely adott esetben akár a 40 évet is meghaladhatja. *Báder (2001)* megfogalmazta, hogy az élettartammal kapcsolatosan két fogalmat lenne tanácsos használni: az élettartamot, mely az egyed születésétől az állományból való kikerüléséig, illetve a hasznos élettartamot, mely a tehén első ellésétől a kikerülés napjáig eltelt időt öleli fel.

A hasznos élettartam, mint értékmérő tulajdonság szelekciós programokba történő beépítése, a tulajdonság tenyésztértékének becslése több területen is megoldandó problémát állított a kutatók elé. Az alapvető problémát a tulajdonság természete jelentette, hiszen egy olyan értékmérő esetében kell tenyésztértéket számolni, amelyről a becslés pillanatában még nincs pontos, közvetlen információ, ugyanis a tehenek többsége még nem került ki a termelésből. E tehenek adatainak kizárása, illetve változatlan módon történő figyelembevétele torzított eredményhez vezet. A kutatók több esetben élettartam előrejelzőket alkalmaztak, mint például egy adott életkorban (*Everett és mtsai., 1976*) vagy laktációban él-e a tehén, vagy sem. Továbbá nehézséget jelentett az a tény, hogy a lineáris modelleken alapuló, széles körben alkalmazott becslési eljárás

(BLUP) alkalmazása nem lehetséges, hiszen az élettartam adatok a legtöbb esetben nem lineárisak, és a figyelembe vett hatások (tejmennyiség, tenyészet mérete) az idő múlásával változnak. Az élettartam adatok eloszlása ismeretlen, vagy rendkívüli ferdeség jellemzi, így a normál eloszlást megkövetelő statisztikai módszerek alkalmazásának lehetősége is limitált (Egger-Danner, 1993). E nehézségek kiküszöbölése érdekében a mérnöki és orvostudományi területen alkalmazott túlélés vizsgálatok („survival analysis”) alkalmazása jelentette a megoldást. A túlélés vizsgálat kombinálja a már kikerült és a még életben lévő (cenzorált) egyedek adatait, miközben számol az adatok nem lineáris természetével is.

Először *Famula* (1981) javasolta a „survival analízis” módszerének alkalmazását tejelő tehenek hasznos élettartamának becslésére, majd *Smith* (1983) és *Smith és Quaas* (1984) alkalmazta is e módszert bikák hasznos élettartam tenyésztékének becslése során. A módszert *Ducrocq* (1994), majd *Ducrocq és Sölkner* (1998), illetve *Sölkner és Ducrocq* (1999) tovább fejlesztette és létrehozta az állattenyésztésben széles körben alkalmazott Survival Kit programcsomagot, mely a Weibull proporcionális kockázati modellt és a Cox-féle túlélési modellt alkalmazza.

A magyarországi holstein-fríz fajta tenyésztékbecslési rendszerében 2006-óta szerepel a komoly gazdasági súllyal rendelkező értékmérő tulajdonság, a hosszú hasznos élettartam, mely az utolsó termelésellenőrzés és az ellés dátuma között eltelt napok számaként definiálható. Az így kapott hosszú hasznos élettartam mutató megbízhatósága meghatározott küllemi tulajdonságok (szoros korrelációt mutató funkcionális küllemi tulajdonságok), ún. előrejelzők (predictors) használatával elfogadható értékig növelhető. E küllemi tulajdonságok a farmagasság, a hátulsó tőgyfél magassága, a tőgymélység és a tőgypon.

A küllemi tulajdonságok és a hasznos élettartam kapcsolata

A tőgy tulajdonságok és a hasznos élettartam közötti kapcsolat

A funkcionális küllemi tulajdonságok és az élettartam, ill. hosszú hasznos élettartam kapcsolatát vizsgáló kutatók elsősorban a tőgyminőség szerepét hangsúlyozzák, mint a tőgyfüggésztés, a tőgybimbók helyeződése, a tőgymélység, másodsorban említik a végtagok alakulását (*Hamoen*, 1994, 1995, 1996; *Boettcher és mtsai.*, 1997; *Sölkner és Petschina* 1998). *Schneider és mtsai.* (2003), *Caraviello és mtsai.* (2004), valamint *Sewalem és mtsai.* (2004) azonos módszerrel elemezve kanadai és amerikai állományok adatait, a küllemi végpont és a tőgy tulajdonságok szerepét találták hangsúlyosnak a túléléssel, hasznos élettartammal összefüggésben.

Magyarországi holstein-fríz tehenek vonatkozásában a küllemi tulajdonságok és a hasznos élettartam, valamint az élettartam összefüggését először *Gáspárdy* (1995) írta le. Vizsgálataiban a marmagasság és farszélesség alapján csoportosítva a teheneket megállapította, hogy a marmagasság növekedésével az összefüggések – főleg a test- és a tőgyméretekkel kapcsolatos tulajdonságokban – felerősödnek. Az elülső tőgyfél illesztés és a bimbóhelyeződés a hasznos élettartammal legszorosabb összefüggést a közepes marmagasságú tehenek esetében mutat.

Báder E. és Báder P. (1998) magyarországi üzemek holstein teheneinek küllemi tulajdonságai és az élettartam mutatók közötti kapcsolatot vizsgálták. Leírták, hogy magasabb és szélesebb hátulsó tőgyféllel rendelkező egyedek élettartama hosszabb. Az elülső tőgyfél illesztése, a tőgyfüggésztés és a bimbók helyeződése hátulnézetben tulajdonságok esetében azonban az ideálistól eltérő pontszámmal rendelkező egyedek élettartama hosszabb. *Berta és Béri* (2005) kiváló teljesítményű tehenek küllemét és

származását elemezték. Megállapították, hogy a nagy termelésű egyedek többsége nagy létszámú, specializált, jó környezeti feltételekkel rendelkező gazdaságokból származik. Az egyes lineáris tulajdonságok és a hosszú hasznos élettartam közötti kapcsolat vizsgálata során megállapították, hogy a magas hátsó tőgyféllel és *Báder E. és Báder P.* (1998) eredményeivel ellentétben a sekély tőgymélységgel rendelkező egyedek bírtak hosszabb hasznos élettartammal.

A fő bírálati tulajdonságok közül *Berta és Béri* (2008) szerint a tejelő jelleg és a testkapacitás, míg *Sewalem és mtsai.* (2004), illetve *Schneider és mtsai.* (2003) kanadai állományok küllemi és élettartamra vonatkozó adatait elemezve megállapították, hogy a tőgy- és láb tulajdonságok, de leginkább a fő tulajdonságok megfelelő súlyozását követően kapott végpont mutatják a legszorosabb kapcsolatot az élettartammal.

Funk (1991); *Klassen és mtsai.* (1992); *Mrode és mtsai.* (2000); *Larroque és Ducrocq* (2001); *Caraviello és mtsai.* (2004), illetve *Dadpasand és mtsai.* (2008) amerikai, kanadai, brit, francia és iráni állományok adatait elemezve leírták, hogy több küllemi tőgytulajdonság is pozitívan befolyásolja a termelésben eltöltött idő hosszát. Alapvetően a kiváló tőgy tulajdonságokkal, tehát az erős tőgyfüggesztéssel, a jó elülső tőgyfél illesztéssel, bimbóhelyeződéssel, közepes bimbó hosszúsággal és széles hátulsó tőgyfél tulajdonságokkal bíró tehének élettartama hosszabb.

Schneider és mtsai. (2003) szerint a lineáris tulajdonságok közül a tőgyvel kapcsolatos tulajdonságok mutatják a legerősebb kapcsolatot a hasznos élettartammal (az erősen illesztett, jó függesztésű tőgyvel rendelkező tehének tovább maradnak termelésben). *Vollema és Groen* (1998a), *Buenger és mtsai.* (2001) mind hasonló eredményekről számoltak be holland, illetve német állományok esetében is.

Zavadilová és mtsai. (2009) Cox-féle túlélési modell alkalmazásával vizsgálták a cseh tarka tehének túlélése és küllemi tulajdonsága közötti fenotípusos összefüggést. Vizsgálataik eredményeként a tőgytulajdonságok közül az elülső tőgyfél hosszát, a hátulsó tőgyfél illesztését és az elülső bimbók helyeződését nevezték meg, mint az élettartamot leginkább befolyásoló küllemi tulajdonságok. Az előbbiekkel egybehangzó eredményről számoltak be korábban *Vacek és mtsai.* (2006), akik cseh holstein-fríz tehének esetében vizsgálták az élettartam, a hasznos élettartam és a küllemi tulajdonságok kapcsolatát. A vizsgálatban kapott eredmények alapján megállapították, hogy a jó elülső tőgyfélillesztéssel, magas hátulsó tőgyfél magassággal, erős függesztéssel, közeli elülső bimbóhelyeződéssel és mérsékelt hosszú bimbóhosszal rendelkező egyedek hosszabb hasznos élettartammal rendelkeznek. Ugyanakkor *Pozveh és mtsai.* (2009), illetve *Wall és mtsai.* (2005) szerint a magasabb tőgypontszámú, sekélyebb tőgymélységű tehének rosszabb szaporodásbiológiai mutatókkal bírnak.

Funk (1991) illetve *Sewalem és mtsai.* (2004) vizsgálataik alapján megállapították, hogy a közeli bimbóhelyeződés az élettartamot befolyásoló kedvező tulajdonságként említendő. Mindezekon túl *Larroque és Ducrocq* (2001) szerint az élettartamot befolyásoló küllemi tulajdonságok 84%-át a tőgyalakulásra és a fejhetőségre vonatkozó tulajdonságok teszik ki.

Nash és mtsai. (2003) első laktációs tehének esetében vizsgálták a tőgygyulladás kialakulása és a bikák szomatikus sejt számra, tőgytulajdonságokra, hasznos élettartamra és a tej fehérjetartalmára vonatkozó örökítő képessége közötti kapcsolatot. Azon bikák, melyek lányaik esetében hosszabb hasznos élettartamot, rövidebb bimbókat, egymáshoz közelebb elülső bimbóhelyeződést örökítenek át, kevesebb esetben fordult elő tőgygyulladás.

Összegezve a tanulmányok eredményei a tőgytulajdonságok és a hasznos élettartam közötti kapcsolat létezését igazolják.

A testméretek kapcsolata a hasznos élettartammal

A tejtermelési teljesítmény javulása a testméretek vertikális és horizontális irányú növekedését eredményezte (*Jalakas és Saks, 2001*). A küllem és a termelés összefüggésének témájában folytatott legkorábbi kutatások során a testméretek és a tejtermelés között gyenge pozitív összefüggéseket találtak ($r=0,2-0,3$) (*Touchberry, 1951; Manson, 1957; Harville és Henderson, 1966; Brum és Ludwick, 1969, Meyer és mtsai., 1987; Froster és mtsai., 1988; Sieber és mtsai. 1988*). Ezzel szemben holstein-fríz tehének marmagassága, törzsmélysége farszélessége, testkapacitása és hasznos élettartama között gyenge negatív összefüggést ($r=0,01- -0,32$) mutattak ki (*Short és mtsai. (1992); Blodman és mtsai. (1992); Dekkers és mtsai. (1994)* valamint *Kawahara és mtsai. (1996)*).

Honette és mtsai. (1980) szerint az átlagnál kisebb tehének élettartama és étletteljesítménye kisebb (-78 nap, -1596 kg tej), míg az átlag felettieké nagyobb (48 nap, 870 kg tej). *Gáspárdy (1995)* vizsgálataiban kapott eredményei alapján leírta, hogy a magas-széles tehének étletteljesítménye volt a legnagyobb, míg a hasznos életnapra vetített egységnyi testkapacításra jutó étletteljesítménye a legkisebb a többi típuscsoporthoz képest. Az alacsony-, a közepes- és magas-keskeny tehéneknek a hasznos életnapra vetített és egységnyi testkapacításra jutó étletteljesítménye nagyobb, mint a széles tehéneké. *Püski és mtsai. (2000)* szerint a közepes marmagasságú átlagos, és az átlagosnál szélesebb faralakulással rendelkező tehének bírnak nagyobb étletteljesítménnyel, hasznos élettartammal. *Neuenschwander és mtsai. (2005)* leírták, hogy a mellkasszélesség pozitív korrelációt mutat a termelés növekedésével. *Haas és mtsai. (2007)* megállapították, hogy a mélyebb törzsmélységgel, nagyobb farmagassággal bíró tehének termelési eredményei jobbak, mint a kisebb pontszámokkal rendelkező tehéneké. *Royal és mtsai. (2002)*, illetve *Pozveh és mtsai. (2009)* viszont leírták, hogy a nagyobb, élesebb tehének fertilitása rosszabb. A tejelő jelleg és a reprodukciós „a lábvég, illetve az emésztéssel kapcsolatos betegségek kialakulása között $r=0,43$ pozitív irányú kapcsolatról számoltak be *Lassen és mtsai. (2003)*.

Míg a világ holstein-fríz tenyésztésére nagy hatást gyakorló kanadai állományok esetében a testméret és a hasznos élettartam (*Schneider és mtsai., 2003; Boettcher és mtsai. 1997*) között igazolható kapcsolat szerepel, addig az európai holstein tehének esetében a testméret és testmagasság nem minden esetben gyakorol igazolható hatást a funkcionális élettartamra (*Vollema és Groen, 1998a; Buenger és mtsai. 2001; Larroque és Ducrocq, 2001*).

Az észak-amerikai kontinens holstein tenyésztését ez idáig tartósan fémjelzte a nagy testméretekkel (mellkas szélesség, törzsmélység, farmagassággal) jellemezhető tenyészállatokra történő szelekció. Az amerikai tenyészértékbecslési rendszerben 2011-ben bevezetett módszertani változtatások révén azonban a szélsőséges farmagassági méretekkel (142–157,5 cm-nél alacsonyabb, illetve magasabb) rendelkező egyed testkapacításra adott pontértékét két ponttal, küllemi végpontját 0,4 ponttal csökkentik. Ezt a lépést a bikapopuláció farmagasság tenyészértékének 2006–2011 közötti értékelések szerinti 1,29 szórásértékkel történő növekedése indokolta, hiszen ezt a tendenciát követve túl nagy méretűek lennének a tehének az alkalmazott tartástechnológia szempontjából.

Wesseldijk (2013) szerint a legtöbb tenyésztő véleménye alapján a folyamatosan növekvő testméret negatívan befolyásolja a funkcionális tulajdonságokat. Az egyre nagyobb marmagasságot elsősorban a küllemi tulajdonságok és főleg a

tőgytulajdonságok és a testméretek közötti pozitív korrelációnak, a tenyésztői döntéseknek (a negatív testméret tenyészértékkel rendelkező tenyész bikák eladhatósága limitált) és a telepi menedzsment javulásának köszönhető. Ismét megfogalmazódik a már sokszor feltett kérdés: Mi a jó küllem? Ugyanis a nagy tejtermelési teljesítmény megköveteli a nagy testméretet, a széles, nagy testkapacitással bíró teheneket, melyek legtöbbször gyengébb mutatókkal bírnak a funkcionális tulajdonságok terén. Mindemellett a tenyésztő társadalom még nem igazán becsüli meg a kisebb testmérettel rendelkező teheneket.

A lábtulajdonságok és a hasznos élettartam, életteljesítmény kapcsolata

A tejelőmarha szektorban alkalmazott technológiai megoldások egyre inkább fontos és alapvető követelményeként jelenik meg az egészséges, az állat mozgását nem zavaró, mozgásszervi problémával nem rendelkező lábtulajdonságok megléte. *Pérez és mtsai.* (2002) 46 316 első laktációs holstein-fríz tehén vonatkozásában vizsgálták a tehenenként termelt profit és a küllemi tulajdonságok közötti kapcsolatot Spanyolországban. A küllemi tulajdonságok közül leginkább a lábtulajdonságok befolyásolják a tehenenkénti jövedelemszerzést. A lábtulajdonságokra vonatkozó negatív tenyészértékkel bíró tehenek esetében nem mutattak ki kisebb jövedelmezőséget, de a pozitív tenyészértékkel bíró tehenek több profitot termeltek. A lábvégi megbetegedések gazdasági jelentősége nem elhanyagolható, hiszen évente a tehenek 25–30%-át részesítik lábvégi betegséggel kapcsolatos kezelésben világszerte (*Politiek és mtsai.* 1986; *Smit és mtsai.*, 1986; *Boettcher és mtsai.* 1998) mely a legtöbb esetben a laktációs csúcspont idejében történik (*Blowey és Weaver*, 1991). *Muir* (2009) kanadai első laktációs tehén láb-, lábvégi tulajdonságra vonatkozó adatait vizsgálva megállapította, hogy az 5 pontos szabályos hátulsó láb oldalnézetű, 7 pontos 50°-os körömszöggel, 9 pontos mozgásképpel és hátulsó láb hátulnézetű tehenek standard laktációs termelése meghaladta az ettől eltérő pontszámú tehenek termelési teljesítményét.

A tehenek sántasága egy komplex, több tényező összhatására kialakuló láb-, lábvégi megbetegedés tünete, mely sok esetben az állatok idő előtti selejtezéséhez vezet, meghatározva ezzel az egyed hasznos élettartamát. A sántaság kialakulásáért, nem csak a takarmányozási hibákat lehet felelőssé tenni, hanem figyelembe kell venni mindazt a befolyásoló tényezőt, melyek kiváltó okként, a tényezők együttes hatását erősítve a sántaság kialakulásához vezetnek. Számos ilyen faktor ismeretes, mint a tehén mozgásmintája, kondíciója, az istálló és padozat sajátosságai (*Telezhenko*, 2005), a körmozgás rendszeressége, a funkcionális küllem és még további befolyásoló tényezők, melyek különböző típusú láb-, lábvégi megbetegedésekhez vezethetnek.

Blowey (1998) leírta, hogy a sántaság kialakulásának 88%-ában játszik szerepet a lábvégi, és csak 12%-ban a lábat érintő megbetegedés, rendellenesség. Vizsgálataiban azt is megfogalmazta, hogy a sántaság 86%-ban a hátulsó lábak esetében tapasztalható probléma miatt következik be, melyért 85%-ban a külső körömfél problémája tehető felelőssé. *Shearer* (2002) angliai és wales-i tehenek esetében írta le, hogy az elülső lábak sántaságát 46%-ban a belső, míg 32%-ban a külső körömfél problémája okozta.

A láb-, lábvégi alakulását, és az állat mozgását, a sántaság meglétét figyelembevevő új küllemi tulajdonság, a locomotion (mozgásképp) bírálatának bevezetésére került sor a közel múltban. A locomotion a tehenre jellemző normális mozgásképp meglétének kvalitatív becslésére szolgáló küllemi tulajdonság, melyet a többi lineáris tulajdonsághoz hasonlóan lineáris, 1–9 pontig terjedő skálán jelenítenek meg. A locomotion bírálati tulajdonságként történő szerepeltetését több megfigyelés, vizsgálat és kutatómunka is

megelőzte. *Telezhenko* (2005) különböző padozat és burkolat típusok hatásának vizsgálatán keresztül végzett megfigyeléseket a lépéshossz, a hátsó láb által hagyott nyom azonos és ellenkező oldali első láb által hagyott nyomhoz viszonyított helyzetével kapcsolatosan. A tulajdonság megítélésénél a lépéshossz és a szabályos, „egy vonalas” lépés kerül kiértékelésre. Jó mozgásképről akkor beszélünk, ha a tehén az első lábak vonalában meghúzott vonalra lép a hátsó lábakkal úgy, hogy a lépés közben semmilyen oldalazó mozgást nem végez, s a hátsó lábak körmei által hagyott nyomok az első lábak által hagyott nyomokba vagy azok elé kerülnek (*Sebők*, 2005).

Waaij és mtsai. (2005) 430 dán farmon vizsgálták a különböző lábvég megbetegedések és a küllemi tulajdonságok kapcsolatát. A vizsgált állományok esetében a tehenek több mint 70%-a szenvedett legalább egy alkalommal valamely lábvég betegségben. Vizsgálataiban leírták, hogy a lábvég megbetegedések csökkentésére irányuló indirekt szelekció kulcsa a locomotion (mozgáskép) küllemi tulajdonságra fordított fokozott figyelem, hiszen ez a tulajdonság mutatja a legszorosabb genetikai kapcsolatot a vizsgált lábvég megbetegedésekkel. Ez az eredmény csak megerősítette *Van Dorp és mtsai.* (1998) korábbi vizsgálati eredményét, mely szerint a láb küllemi tulajdonságai $-0,38-0,09$ genetikai korrelációt mutatnak a sántaság kialakulásával összefüggésben. *Laursen és mtsai.* (2009) leírták, hogy a locomotion és a hátsó láb hátul nézet a lábvég, míg a csánk minőség a csont minőség a láb egészségi állapotának indikátoraiént szerepelhetnek a szelekciós indexekben.

Boettcher és mtsai. (1998) szerint az erős függesztésű, sekélyebb tőgymélységű tehenek esetében kisebb, míg az alacsony körömszögű, gacsos, szélesebb farú, mélyebb törzsmélységű egyedek esetében nagyobb az esélye a sántaság kialakulásának. Ezzel megegyező eredményről számolnak be *Onyiro és mtsai.* (2008) akik szerint a nagyobb láb pontszámmal rendelkező egyedek esetében kisebb gyakorisággal fordul elő a Dermatitis digitalis.

A küllemi tulajdonságok közül a locomotion vizsgálata adja a legösszetettebb képet a tehén mozgásmintájáról, és a sántaság meglétéről (*Atkins*, 2009). A hátulsó láb hátulnézet és a locomotion pozitív korrelációt mutat az egészséges, problémamentes lábvéggel (*Atkins*, 2009). *Van Dorp és mtsai.* (2004) kutatásaik alapján leírták, hogy a magas lábpontszámokkal, meredekebb körömszöggel, egyenesebb hátulsó láb oldalnézettel rendelkező egyedek mozgásképe jobb. A tőgytulajdonságok kedvező mérsékelt genetikai korrelációt mutatnak a locomotion-nel. A magas hátulsó tőgyféllel, erős elülső tőgyfél illesztéssel és javuló tőgyminőséggel rendelkező tehenek jobb mozgásképet mutatnak.

Báder és Báder (1998) leírták, hogy a körömszög, a csüd, a hátulsó lábak oldalnézetben esetében az ideálistól eltérő pontszámmal rendelkező egyedek élettartama hosszabb. Ezzel megegyező eredményről számoltak be *Berta és Béri* (2005) mely szerint a kissé kardosabb lábállású és kissé hegyesebb körömszöggel rendelkező tehenek hosszabb élettartammal bírtak. Ugyanakkor *Klassen és mtsai.* (1992), *Sewalem és mtsai.*, (2004), illetve *Onyiro és mtsai.* (2008) szerint a kardos lábállású egyedek rövidebb élettartammal bírnak. *Caraviello és mtsai.* (2008) szerint a lábtulajdonságok között a szabályos hátulsó lábállás, míg *Mrode és mtsai.* (2000) szerint a meredek körömszög a kedvezőbb az élettartam szempontjából. *Buenger és mtsai.* (2001) illetve *Schneider és mtsai.* (2003) szerint a túl lapos körömszög, valamint a rendkívül módon nyitott, illetve zárt hátulsó láb oldalnézet kedvezőtlen hatást gyakorol a funkcionális élettartamra, mint ahogyan arról más szerzők is beszámoltak (*Burke és Funk* 1993, amerikai állományok, illetve *Boettcher és mtsai.*, 1997), kanadai tehenek vizsgálatakor.

A laktációk előre haladtával nemcsak a tőgy vertikális és horizontális méretei, de a láb küllemi tulajdonságai is változnak. *Porvay és mtsai.* (1999), valamint *Boelling és Pollott* (1998) szerint a körömszög, a hátulsó láb oldal-, valamint hátul nézete tulajdonságok egyértelműen kedvezőtlenebb irányba változnak a kor előre haladtával.

KÖVETKEZTETÉSEK

A küllemi tulajdonságok és a hasznos élettartam közötti kapcsolat létezése a legtöbb tanulmány és vizsgálat eredménye alapján igazoltnak tekinthető. Emellett számos ellentétes megállapítás látott napvilágot e témában, mely magyarázható a vizsgált állományok különbözőségével (környezeti, gazdasági, szelekciós tényezők-szelekciós index), az adatok elemzésére alkalmazott egymástól eltérő statisztikai eljárások és módszerek használatával. Figyelemreméltó különbségek tapasztalhatóak a tőgy-, illetve lábtulajdonságok tekintetében az észak-amerikai és magyarországi állományokban végzett vizsgálatok eredményei között. Míg az amerikai és kanadai tehének esetében a hosszú hasznos élettartam több esetben is együtt jár a kiváló, ideálisnak hirdetett küllemmel, addig a kiváló teljesítménnyel bíró magyarországi tehének tőgy-, illetve lábtulajdonságai az optimális pontszámtól eltérő pontértéket mutatnak. Ez talán magyarázható a fajta magyarországi kialakításával, (döntően a magyartarka állomány fajtaátalakító keresztezésével jött létre), a sajátos környezeti feltételekkel (telepméret, tartástechnológiai megoldások, takarmányozásbeli hiányosságok), illetve a hazai tenyésztők által alkalmazott szelekciós döntésekkel, módszerekkel. Ugyanis a hazánkban alkalmazott szelekció döntően a kényszerű selejtezésen és nem a funkcionális küllem figyelembevételén alapszik. Mindemellett meg kell jegyezni, hogy a már hazánkban is bevezetésre kerülő hasznos élettartamot becsülő tenyésztérték előrejelzői (predictors) között döntően küllemi tulajdonságok szerepelnek. Továbbá azt is meg kell említeni, hogy a szelekció (hagyományos és genom szelekció), illetve a célpárosítás során csak azon tulajdonságok vehetők figyelembe, melyekről objektív módon mért pontos információkkal rendelkezünk, mint a termelési, a küllemi és az elléslefolyásra vonatkozó információk. Mindezek alátámasztják, hogy a különböző életkorban elvégzett küllemi bírálati adatok információt szolgáltathatnak a küllem tartósságáról, mely a technológiai tűrőképességre engedhet következtetni.

IRODALOMJEGYZÉK

- Atkins, G. (2009). The importance of genetic selection in dairy cows for reducing lameness and improving longevity CanWest Veterinary Conference, Oct. 17-20., Alberta, Kanada.
- Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft. (2013). Partner Tájékoztató Hírlevél, 3. 1.
- Báder P., Báder E. (1998). Küllemi tulajdonságok és az élettartam mutatók (megmaradási hányad) közötti összefüggések vizsgálata. *Acta Agronomica Óváriensis*, 40. 1. 91-99.
- Báder E. (2001). Élettartam, hasznos élettartam. *Agro Napló*, 5-6. 45-46.
- Bauer, L., Mumey, G., Lohr, W. (1993). Longevity and genetic improvement issues in replacing dairy cows. *Can. J. Agric. Econ.*, 41. 71-80.
- Berta A., Béri B. (2005). Kiváló ételteljesítményű tehének származásának és küllemének elemzése. *Agrártudományi közlemények*. 16.

- Blodman, K.G., Freeman, A.E., Haris, B.L., Kuck, A.L. (1992). Prediction of sire transmitting abilities for herd life from transmitting abilities for linear type traits. *J. Dairy Sci.*, 75. 552.
- Blowey, R.W., Weaver, A.D. (1991). *Diseases and Disorders of Cattle*. Wolfe Publishing Ltd., 89-128. Aylesbury, UK.
- Blowey, R.W. (1998). *Cattle Lameness and Hoofcare* Reprinted with alterations, Farming Press, Ipswich, U.K.
- Boettcher, P.J., Jairath, L.K., Koots, K.R., Dekkers, J.C.M. (1997). Effects of interactions between type and milk production on survival traits of Canadian Holsteins. *J. Dairy Sci.*, 80. 2984-2995.
- Boettcher, P.J., Dekkers, J.C.M., Warnick, L.G., Wells, S.J. (1998). Genetic analysis of clinical lameness in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 81. 1148-1156.
- Brum, E.W., Ludwick, T. (1969). Heritabilities of certain immature and mature body measurements and their correlation with first lactation of Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 52. 352-259.
- Buenger, A., Ducrocq, V., Swalve, H.H. (2001). Analysis of survival in dairy cows with supplementary data on type scores and housing systems from a region of northwest Germany. *J. Dairy Sci.*, 84. 1531-1541.
- Burke, B.P., Funk, D.A. (1993). Relationship of linear type traits and herd life under different management systems. *J. Dairy Sci.*, 76. 2773-2782.
- Caraviello, D.Z., Weigel, K.A., Gianola D.J. (2003). Analysis of the relationship between type traits inbreeding and functional survival in Jersey cattle using a Weibull Proportional Hazards Model. *Dairy Sci.*, 86. 2984-2989.
- Caraviello, D.Z., Weigel K.A., Gianola D.J. (2004). Analysis of the relationship between type traits and functional survival in US Holstein Cattle using a Weibull Proportional Hazards Model. *Dairy Sci.*, 87. 2677-2686.
- Cruickshank, J., Weigel, K.A., Dentine, M.R., Kirkpatrick, B.W. (2002). Indirect prediction of Herd Life in Guernsey cattle. *Journal of Dairy Science*. 85. 1307-1313.
- Csukás Z. (1954). Állattani tanulmányok hosszú élettartamú tehénken. *A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Közleményei*. VI. 3-4. 165-180.
- Dadpasand, M., Miraei-Ashtiani, S.R., Shahrehabak, M., Vaez Torshizi, R. (2008). Impact of conformation traits on functional longevity of Holstein cattle of Iran assessed by a Weibull proportional hazards model *Livestock Sci.* 118. 204-211.
- Dekkers, C.M., Jairath, L.K., Lawrence, B.H. (1994). Relationships between sire genetic evaluations for conformational herd life of daughters. *J. Dairy Sci.*, 77. 844-854.
- Ducrocq, V. (1994). Statistical analysis of length of productive life for dairy cows of the Normande breed. *J. of Dairy Sci.*, 77. 855-866.
- Ducrocq, V., Sölkner J. (1998). 'The Survival Kit V3.0' – a package for large analysis of survival data. *Proc. 6th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod.*, Armidale, Australia, 27. 447-448.
- Egger-Danner, C. (1993). *Zuchtwertschätzung für Merkmale der Langlebigkeit beim Rind mit Methoden der Lebensdaueranalyse*. Ph.D. Diss., Univ. für Bodenkultur, Vienna, Austria
- Essl, A. (1998). Longevity in dairy cattle breeding. A review. *Livest. Prod. Sci.*, 57. 79-89.
- Everett, R.W., Keown, J.F., Clapp, E.E. (1976). Production and stayability trend in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 59. 1532-1539.
- Famula, T.R. (1981). Exponential stayability model with censoring hazard rates. *Technometrics*. 30. 389-396.

- Froster, W., Freemann, A.E., Berger, P.J., Kuck, A. (1988). Linear type trait analysis with genetic parameter estimation. *J. Dairy Sci.*, 71. 223-231.
- Funk, D. (1991). Breeding for high producing, long lasting cows. *Holstein World*, Soundy Creek, 88. 13. 58. 60.
- Gáspárdy A. (1995). Néhány tényező hatása a tejhasznú tehén életteljesítményére. Doktori (Ph. D.) értekezés. Gödöllő.
- Haas Y., Janss L L. G., Kadarmideen H. N. (2007). Genetic and phenotypic parameters for conformation and yield traits in three Swiss dairy cattle breeds. *J. Anim. Breed. Genet.*, 124. 12-19.
- Hamoen, A. (1994). Type classification. (1) Veeopro holland, december Nr. 21. 16-17.
- Hamoen, A. (1995). Type classification. (2) Veeopro holland, april Nr. 22. 14-16.
- Hamoen, A. (1996). Final Score. Veeopro holland, april Nr. 25. 16-17.
- Harville, D., a. Henderson, C.R. (1966). Interrelationships among age, body weight and production traits during first lactation of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 49. 1254-1261.
- Honette, J.E., Vinson, W.E., White, J.M., Kliewer, R.H. (1980). Contribution of discriptively coded type traits to longevity of holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 63. 807-813.
- Jairath, L., Dekkers, J.C.M., Schaeffer, L.R., Liu, Z., Burnside, E.B., Kolstad, B. (1998). Genetic evaluation for herd life in Canada. *Journal of Dairy Science*, 81. 550-562.
- Jalakas, M., Saks, P. (2001). Changes in the structure of the bovine pelvis, udder and its suspensory apparatus , Reproductive Failure in Farm Animals Proceedings from a symposium at Estonian Agriculture University, Tartu, June 14-15.
- Kadarmideen, H.N., Wegmann, S. (2003). Genetic parameters for body condition score and its relationship with type and production traits in Swiss Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 86. 3685-3693.
- Klassen, D.J., Monardes, H.G., Jairath, J., Cue, R.I. Hayes, J.F. (1992). Genetic correlations between lifetime production and linearized type in Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 75. 2272-2282.
- Kwahara, T., Suzuki, M., Ikeuchi, Y. (1996). Genetic parameters of production and type traits longevity in Holstein population. *Animal Sci. And Technology*, 65. 5. 463-475.
- Larroque, H., Ducrocq, V. (2001). Relationships between type and longevity in the Holstein breed. *Genet. Sel. Evol.*, 33. 39-59.
- Lassen, J., Hansen, M., Sörensen, M.K., Aamand, G.P., Christensen, L.G., Madsen, P. (2003). Genetic Relationship Between Body Condition Score, Dairy Character, Mastitis, and Diseases Other than Mastitis in First-Parity Danish Holstein Cows, *J. Dairy Sci.*, 86. 3730-3735.
- Laursen, M.V., Boelling, D., Mark T. (2009). Genetic parameters for claw and leg health, foot and leg conformation, and locomotion in Danish Holsteins. *J. Dairy Sci.*, 92. 1770-1777.
- Manson, I.L., Robertson, A., Gjelstad, B. (1957). The genetic connection between body size, milk production and efficiency in dairy cattle. *J. Dary Res.*, 24. 135-143.
- Meyer, K., Brotherstone, S., Hill, W.G. (1987). Inheritance of linear type traits in dairy cattle and correlations with milk production. *Anim. Prod.*, 44. 1-10.
- Miglior, F., Muir, B.L., Van Doormaal, B.L. (2004). Selection Indices in Holstein cattle of various countries. *J. Dairy Sci.*, 88. 1255-1263.
- Mrode, R.A., Swanson G.J.T., Lindberg, C.M. (2000). Genetic correlations of somatic cell count and conformation traits with herd life in dairy breeds, with an application to national genetic evaluations for herd life in the United Kingdom. *Livestock Prod. Sci.*, 65. 119-130.

- Muir, B., Kistemaker G., Van Doormaal, B. (2004) Estimates of genetic parameters for the Canadian Test Day Model with Legendre Polynomials for Holsteins based on more recent data, Dairy Cattle Breeding and Genetics Committee, 3.
- Nash, D.L., Rogers, G.W., Cooper, J.B., Hargrove, G.L., Keown, J.F. (2003). Heritability of Intramammary Infections at First Parturition and Relationships with Sire Transmitting Abilities for Somatic Cell Score, Udder Type Traits, Productive Life, and Protein Yield. *J. Dairy Sci.*, 86.2684-2695.
- Neuenschwander, T., Kadarmideen H.N., Wegmann S.Y. De Haas (2005). Genetics of Parity-Dependant Production Increase and its Relationship with Health, Fertility, Longevity, and Conformation in Swiss Holsteins. *J. of Dairy Sci.* 88.1540-1551.
- Onyiro, O.M., Brotherstone, S. (2008). Genetic Analysis of Locomotion and Associated Conformation Traits of Holstein-Friesian Dairy Cows Managed in Different Housing Systems, *J. of Dairy Sci.*, 91. 322-328.
- Pérez-Cabal, M.A., Alenda, R. (2002) Genetic relationships between Lifetime Profit and Type Traits in Spanish Holstein cows, *J. of Dairy Sci.*, 85. 3480-3491.
- Politiek, R.D., Distl, O., Fjeldaas, T., Heeres, J., McDaniel, B.T., Nielsen, E., Peterse, D.J., Reurink, A., Strandberg, P. (1986). Importance of claw quality in cattle. Review and recommendations to achieve genetic improvement. Report to the EAAP working group on claw quality in cattle. *Livest. Prod. Sci.*, 15. 133-152.
- Porvay M., Báder E., Györkös I., Báder P. (1999). Holstein-fríz tehénállomány küllemi tulajdonságainak változása a laktációk előrehaladtával. *Holstein Magazin*, 7. 4. 64-67.
- Pozveh, S.T., Shadparvar, A.A., Shahrabak, M.M. (2009) Genetic analysis of reproduction traits and their relationship with conformation traits in Holstein cows. *Livestock Science*, 125. 84-87.
- Püski J., Bozó S., Tran Anh, T. (2000a). A testméretek, a típus összefüggései az életteljesítménnyel és az élettartással holstein-fríz teheneknél. *Holstein Magazin*, 8.1. 23-25.
- Royal, M.D., Pryce J.E., Wooliams J.A., Flint A.P.F. (2002). The Genetic Relationship between Commencement of luteal activity and calving interval, body condition score, production, and linear type traits in Holstein-Friesian dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 85. 3071-3080.
- Schneider, M. del P, Dürr, J.W., Cue, R.I., Monardes, H.G. (2003). Impact of Type Traits on Functional Herd Life of Quebec Holsteins Assessed by Survival Analysis, *J. Dairy Sci.* 86. 4083-10.
- Sebők T. (2005). Új tulajdonságok = új alapok a bírálóban? *Holstein Magazin*, 13. 3. 4-5.
- Sewalem, A., Kistemaker G.J., Miglior F., Van Doormaal B.J. (2004). Analysis of the relationship between type traits and functional survival in Canadian Holsteins using a Weibull Proportional Hazards Model. *J. of Dairy Sci.* 87. 3938–3946.
- Shearer, J.K., Sarel, R. (2002). Managing Lameness for Improved Cow Comfort and Performance Proceedings of the 6 th Western Dairy Management Conference March 12-14, 2003. Reno, NV-167
- Short, T.H., Lawlor T.J. (1992). Genetics and breeding. *J. Dairy Sci.* 75.1987-1998.
- Sieber, M., Freeman, A.E., Kelley, D.H. (1988). Relationships between body measurements, body weight and productivity in Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 71. 3437-3445.
- Smith, S.P. (1983). The extension of failure time analysis to problems of animal breeding. Ph.D. Diss., Cornell Univ., Ithaca, NY.

- Smith, S.P., Quaas, R.L. (1984). Productive lifespan of bull progeny groups. failure time analysis. *J. Dairy Sci.*, 67. 2999-3007.
- Smit, H., Verbeek, B., Peterse, D.J., McDaniel, B.T., Politiek, R.D. (1986). Genetic aspects of claw disorders, claw measurements and 'type' scores for feet in Friesian cattle. *Livest. Prod. Sci.*, 15. 205.
- Sölkner, J., Petschina, R. (1998). Relationship between type traits and longevity in Austrian Simmental cattle. 49th Annual Meeting of the European Association for Animal Production (EAAP), Aug. 24-27, Warsawa, Poland.
- Sölkner, J. Ducrocq, V. (1998). The Survival Kit. a tool for analysis of survival data. Workshop on Genetic Improvement of Functional Traits in Cattle – Longevity, May 9-11, 1999, Jouy-en-Josas, France.
- Telezhenko, T. (2005). Measurements of Trackways as a Method for Assessing Locomotion in Dairy Cows, Thesis.
- Touchberry, R.W. (1951). Genetic correlations between five body measurements, weight type and production in same individual among Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 34. 242-255.
- Vacek, M., Stípková, M., Němcová, E., Bouska, J. (2006). Relationships between conformation traits and longevity of holstein cows in the Czech Republic. *J. Dairy Sci.*, 51. 327-333.
- Van Doormaal, B.J., Schaeffer, L.R., Kennedy, B.W. (1985). Estimation of genetic parameters for stayability in Canadian Holstein. *J. Dairy Sci.*, 68. 1763-1769.
- Van Dorp, T.E. Dekkers, J.C.M., Martin, S.W., Noordhuizen, J. P.T.M. (1998). Genetic Parameters of Health Disorders, and Relationships with 305-Day Milk Yield and Conformation Traits of Registered Holstein Cows, *J. Dairy Sci.*, 81. 2264-2270.
- VanRaden, P.M. (2004). Invited Review. Selection on Net Merit to Improve Lifetime Profit, *J. Dairy Sci.*, 87. 3125-3131.
- Vollema, A.R., Groen, A.F. (1998a). Conformation traits in survival analysis of longevity in dairy cattle. 6th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Armidale, Australia. 23. 371.
- Vollema, A.R. (1998b). Longevity of dairy cows. A review of genetic variances and covariances with conformation. *Anim. Breed.*, 66. 781-802.
- Waaij, van der E.H., Holzhauser, M., Ellen, E., Kamphuis, C., Jong, G. (2005). Genetic Parameters for Claw Disorders in Dutch Dairy Cattle and Correlations with Conformation Traits, *J. Dairy Sci.*, 88. 3672-3678.
- Wall, E., White, I.M.S., Coffey, M.P., Brotherstone, S. (2005). The Relationship Between Fertility, Rump Angle, and Selected Type Information in Holstein-Friesian Cows, *J. Dairy Sci.*, 88. 1521-1528.
- Weigel, K.A., Lawlor, T.J., VanRaden, P.M., Wiggans, G.R. (1998) Use of Linear Type and Production Data to Supplement Early Predicted Transmitting Abilities for Productive Life, *J. Dairy Sci.*, 81. 2040-2044.
- Wesseldijk, B. (2013). For discussion. how are holsteins doing stature. *Holstein International*. 20. 5. 10-11.
- Wiggans, G. (2009). US Genetic Improvement Program. Methods and results In Inner Mongolia livestock improvement training. USDA Animal Improvement Programs Laboratory Agricultural Research Service. Beltsville, MD . p. 32.
- Zavadilová, L., Stípková, M., Němcová, E., Bouška, J., Matějčková, J. (2009). Analysis of the phenotypic relationships between type traits and functional survival in Czech Fleckvieh cows Institute of Animal Science, Prague, Czech Republic *Czech J. Anim. Sci.*, 12. 521-531.

Levelezési cím:

Szögi Szilvia

Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Állattudományi Intézet
*Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences,
Institute of Animal Sciences*

H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

Tel.: +36-30-468-9215

e-mail: szogi.szilvia@ke.hu

Influence of equine conformation on linear and hippotherapeutical kinematic variables in free walk

P. Jámbor, Á. Bokor, J. Stefler

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Animal Sciences
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

ABSTRACT

Fourteen horses with different conformation were used to study the linear and hippotherapeutical kinematics of the free walk. Horses were recorded with two digital video cameras in a sagittal plane at a rate of 25 frames/s. Body proportions, linear and hippotherapeutical data were extracted from the recordings by APAS (Ariel Performance Analysis System). Results of ANOVA and Duncan's multiple range test indicated that the linear and hippotherapeutical variables of horses were significantly different. Correlation coefficients between the equine conformation and kinematic variables were determinate. The study showed significant correlations ($P < 0.01$) between step-, stride length and body parameters in free walk. It shows that taller and longer horses have longer step and stride length. Correlations were not observed between hippotherapeutical measurements and body parameters.

(Keywords: horse; motion analysis; linear variables; conformation; hippotherapy)

ÖSSZEFOGLALÁS

Lovak testalakulásának hatása a lineáris és hipoterápiás szempontból lényeges kinematikai változókra szabad lépésben

Jámbor P., Bokor Á., Stefler J.

Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Állattudományi Intézet
7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

14, különböző testalakulású lovat vizsgáltunk szabad lépésben a lineáris és hipoterápiás szempontból lényeges kinematikai változók vizsgálata céljából. A lovakat két digitális videó kamerával filmeztük a szagittális síkban 25 képkocka/másodperc sebességgel. A testméreteket, a lineáris és hipoterápiás kinematikai változókat meghatároztuk APAS (Ariel Performance Analysis System) szoftver segítségével. A varianciaanalízis és a Duncan féle teszt eredményei alapján a lineáris és hipoterápiás változók esetén a lovak között szignifikáns különbségeket tapasztaltunk. A lovak testalakulása és a kinematikai változók közötti korrelációs koefficienseket meghatároztuk. A tanulmány erős korrelációt ($p < 0,01$) állapított meg a lépés- és mozgásciklus hossz és a testalakulás között, szabad lépésben. Ezek alapján a magasabb és hosszabb lovaknak nagyobb a lépés és mozgásciklus hossza. A hipoterápiás változók és a testalakulás között szoros korrelációt nem tapasztaltunk.

(Kulcsszavak: ló; mozgás elemzés; lineáris kinematikai változók; testalakulás; hipoterápia)

INTRODUCTION

Horses differ from most other domestic species because their individual value is higher and the objective measurement of their most important production – the quality of the basic movement – run into difficulties. Therefore, the accurate realization of the classical breeding principles is also complicated. Selection of horses is based on the judgment of the

experts that carries all the risks that derives from the subjectivity. At present, due to the development of computer technology methods have become wider to increase the objectivity of these measurements. Video analysis is the most frequently used type of motion analysis, which is able to discern many aspects of gait that are not perceived by the judge due to the poor temporal resolution of the human eye.

The exploitation of horses seems to be expanding, besides racing, sport and hobby, due to the recent popularity of hippotherapy. Hippotherapy is a treatment that uses the multidimensional movement of the horse for clients who have movement dysfunction (*American Hippotherapy Association Inc.*, 2010). Hippotherapy employs locomotion impulses that are emitted from the back of a horse while the horse is walking. These impulses stimulate the rider's postural reflex mechanisms, resulting in training of balance and coordination (*Janura et al.*, 2009). The horse's walk provides sensory input through movement which is variable, rhythmic and repetitive. (*Trauffkirchen*, 2000).

Hippotherapy as a special utilisation makes several great demands of horses. Hippotherapy requires higher physical and mental strain from a horse. (*Györgypál Z.*, 2002). An essential prerequisite for success of this treatment method is the selection of a suitable horse for a given patient (*Janura et al.*, 2009). The leverage of the horse is affected by its conformation, movement mechanics when walking, its temperament, and other variables (*Hermannova*, 2002). A survey of horse temperament for therapeutic riding has been published by *Anderson et al.* (1999). If a horse's temperament is suitable, the conformation becomes an important selection criterion (*RDA*, 1990).

Johnston et al. (2002) pointed out that the differences in equine oscillation among breeds would originate from differences in equine conformation. The frequencies of rider oscillation both at walk and trot were higher ($P<0.01$) and the vertical ($P<0.01$) and longitudinal ($P<0.05$) amplitudes at trot were smaller, on short horses, than on tall horses. The vertical amplitude at walk was smaller ($P<0.05$) and the lateral amplitude at trot was larger ($P<0.01$) on wide horses than on narrow horses. Short and wide horses should be suitable for therapeutic riding (*Matsuura et al.*, 2008).

The influence of equine conformation on the rider's oscillation needs to be understood to aid selection of horses for therapeutic riding. The aim of this study was to determine the influence of equine conformation on linear and hippotherapeutical kinematic variables in free walk and to use the relationships between these parameters to evaluate horses for hippotherapy.

MATERIALS AND METHODS

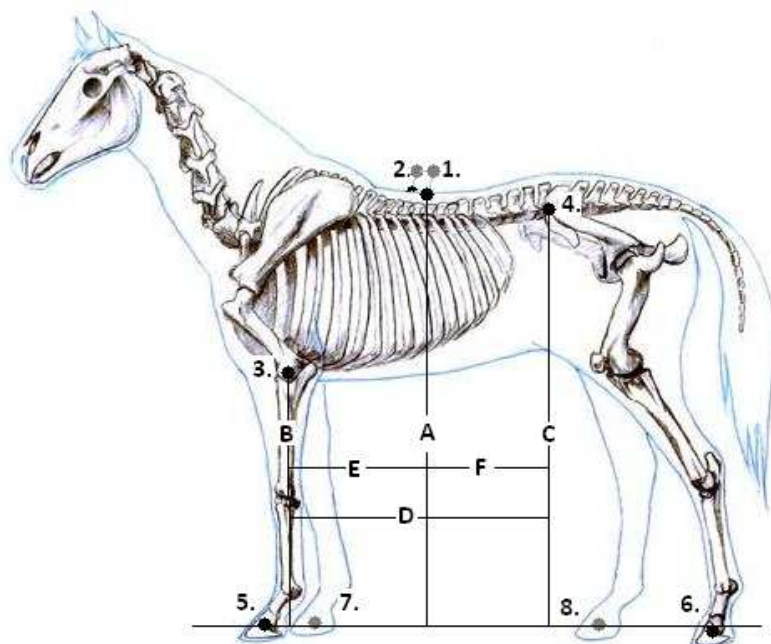
Markers

Eight non-active markers of 2 cm diameter were placed on the horses after a thorough warm up. Markers were placed to anatomical locations significant from hippotherapeutical points by the same person each time (*Figure 1*). The marker points used for the research were:

- left and right sitting points,
- tuber coxae distal part (distal tuber coxae),
- lateral epicondyle of the humerus (elbow),
- midpoint of the periople of the hoof (hoof).

Figure 1.

Body proportions and marker positions



Sitting point height (A), elbow height (B), tuber coxae height (C), elbow – tuber coxae distance (D), elbow – sitting point horizontal distance (E), sitting point – tuber coxae distance (F). 1. expanded left sitting point, 2. expanded right sitting point, 3. lateral epicondyle of the humerus (elbow), 4. tuber coxae distal part (distal tuber coxae), 5–8. midpoints of the periople of the hooves

1. ábra: Testméretek és markerhelyek

Ülőpont magasság (A), könyök magasság (B), külső csípőszöglet magasság (C), könyök-külső csípőszöglet távolsága (D), könyök-ülőpont távolsága (E), ülőpont-külső csípőszöglet távolsága (F). 1. bal ülőpont kinagyított pontja, 2. jobb ülőpont kinagyított pontja, 3. könyök, 4. külső csípőszöglet legalsó pontja, 5-8. a paták szegélyének felezőpontja oldalnézetben

For better observation of the motion characteristics of the sitting points the amplitude was expanded reproducing the human pelvis. To achieve this, we created a trapezoid-frame with four markers (Figure 2). The frame was secured on the back of the horse through the pads; the balls directly on the back of the horse representing the sitting points were fixed onto the pads with the nails, pierced through the centreline of the balls. The balls, positioned on the top are the hyperbolism of the sitting points which mark the left and right proximal femur at cranial greater trochanter in an average rider. Due to the boreholes on the balls, they sit on the pad but also can freely rotate around the nails as axels or slide up and down leaving the distance between the four balls constant. The connection between the four points on the frame is rigid making the trapezoid-frame similar to a human pelvis and giving accurate data to study.

The distances between the markers were 120 mm (down closer the spine of the horse) and 300 mm (top).

Figure 2.

The trapezoid frame markers representing the human pelvis model of the rider



2. ábra: A lovas medencéjét reprezentáló trapéz alakú markerkeret

Calibration, camera positioning, video recording

A calibration frame (developed at the, Department of Large Animal Breeding and Production Technology, Faculty of Animal Science, Kaposvár University, Kaposvár, Hungary) with 12 non-coplanar control points was recorded in the field of view (160 cm x 200 cm x 400 cm) to scale the coordinate rate. Two DV cameras (Sony, DCR TRV 30E) were set up at a distance of 30 m from the horses plane of motion, as a triangle. The horses were filmed as they walked along a track. Each horse performed 10 passes, led at a free walk.

Horses – measurement of equine conformation

In the research we used 14 horses, trained and used for hippotherapy, Hungarian warm blood breeding, and had a mean age of 12 years (range, 9 to 19 years), a mean sitting point height of 145 cm (range 122 to 158 cm). All horses had a minimum of 1 year experience of hippotherapeutic work and they were all used to the testing procedure (placing on markers, moving in the experimental track). The horses were led in free walk by their usual horse leaders (the person who is in charge of the leading of the hippotherapy horse during the treatment session.), and were thoroughly warmed up prior to the start of the study.

APAS (Ariel Performance Analysis System, Semmelweis University, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Budapest.) The body dimension values used in this research differ from the conventional values used in horse breeding (height of the withers, heart girth). In this case we used markers on body points which represent main hippotherapeutic values and can be used in this kinematic system to gain accurate data. The data was taken on the exact frame where the left fore and left hind hooves are in stance phase and close to the vertical (*Figure 1*). The body dimension values used for the research are:

- A. sitting point height: vertical distance (cm) between left sitting point and left front hoof,
- B. elbow height: vertical distance (cm) between left elbow and fore left hoof,
- C. tuber coxae height: vertical distance (cm) between left distal tuber coxae and left fore hoof,
- D. elbow – tuber coxae distance: horizontal distance (cm) between left elbow and left distal tuber coxae,
- E. elbow – sitting point horizontal distance: horizontal distance (cm) between left elbow and left sitting point,
- F. sitting point – tuber coxae distance: horizontal distance (cm) between left sitting point and left distal tuber coxae.

Body proportions are shown in *Table 2*.

Analysis of videographics

Recordings were analyzed with APAS. The marker identification was semi-automated. The marker identification of the first frame is performed by the operator. In the following frames, the cursor automatically jumps in sequence to the location of the points identified in the previous frame by a process known as automatic point prediction. The operator is still responsible for the final adjustments in cursor position and for confirming the locations prior to their acceptance.

Measured variables

Ten strides per horse were analyzed. Initial contact of the hoof with the ground was recognized as the first video frame of the stance phase and the stride as well. The toe off was the first video frame of the swing phase.

Linear stride variables

The linear variables were the *step length* (or *stance phase length*) (cm), the distance between contralateral hoof placements (LH-RH, RH-LH, LF-RF, RF-LF); the *stride length* (cm) was the distance between successive ground contacts of each limb, and the *over-tracking distance* (cm) between the forelimb and the succeeding placement of the ipsilateral hind limb (RF-RH, LF-LH). The *over-tracking distance* was negative if the hindhoof was placed behind the forehoof, zero if the hindhoof stepped into the imprint of the forehoof, and positive if the hindhoof stepped ahead of the forehoof.

Hippotherapeutical stride variables

The hippotherapeutical variables are described the *kinematics of sitting points* which are the clue of the therapy. Measured sitting point motion characteristic show the character of the therapeutical effect of each horse.

The hippotherapeutical variables are compared in the explanatory Table 1.

HT1 (sitting point velocity differences, cm/s)

From the aspect of hippotherapy, HT1 is one of the most significant kinematic parameters. The continuous straightaway fluctuation in the *mid-sagittal plane* is a successive acceleration and deceleration (in the direction of the movement) caused by alternation of the swing and stance phases of limbs of the horse. In the meanwhile it enhances the forward and backward movements of the rider's human pelvis including the flexion and extension of the hip, the sacroiliac joint and the erection of the vertebral column. Horses with the lowest straightforward speed difference of the sitting points (low HT1) are better for riders having

balance issues. These horses are suitable for first time riders or patients with spasticity. The higher HT1 values have positive effects on training the rider's trunk. Furthermore, the higher HT1 in free walk enables the therapist to collect the movement of the horse according to the needs of the patient.

Table 1.

The hippotherapeutical variables

Measured parameter (1)	Sitting points (2)	Directions (3)
(HT1): sitting point velocity differences, cm/s (4)	Acceleration–deceleration (8)	Horizontal, strightaway (12)
(HT2): velocity difference between the left and right sitting points at maximum speed of left sitting point, cm/s (5)	Transverse plain movement (9)	Horizontal, transverse (13)
(HT3): the common vertical displacements of the sittingpoints, cm (6)	Lift–drop (10)	Vertical, dorsal-ventral (14)
(HT4): maximum distance difference between vertical amplitude of sitting points, cm (7)	Left–right, lift–drop (11)	Vertical, dorsal-ventral (15)

1. táblázat: Hippoterápiás változók

Vizsgált paraméterek(1), Ülőpontok(2), Irányok(3), Ülőpont sebességkülönbség(4), Sebességkülönbség a bal és job oldali ülőpont között, a bol ülőpont maximális sebességénél(5), Az ülőpontok együttes közös, függőleges elmozdulása(6), Az ülőpontok közötti maximális vertikális távolság(7), Gyorsulás-lassulás(8), Mozgás a transzverzális síkban(9), Emelkedés - süllyedés(10), Bal-jobb, emelkedés- süllyedés(11), Horizontális, előre irányuló(12), Horizontális, transzverzális(13), Vertikális, dorsoventrális(14), Vertikális, dorsoventralis(15)

HT2 (velocity difference between the left and right sitting points at the maximum speed of left sitting point, cm/s)

The degree of lateral torsion of the vertebral column of the horse determine the velocity of the sittingpoint *in the transversal plane*. This is measured quite accurately on the basis the velocity difference between sittingpoints (cm/s) at the maximum speed of one of the sitting points. The alternating acceleration and deceleration of the sitting points result backward and forward swinging in the patient's pelvis which stimulate the erection of the spine and intensely influence the control of balance.

HT3 (The common vertical displacements of the sittingpoints, cm)

Due to the phases of walk the up and down movement of the flexible vertebral column of the horse lifts and drops the patient in his upright position. This effect makes the rider coordinate the muscles of the hip and the proximal thigh. These vertical movements are important in hippotherapy. The higher common vertical displacements of the sittingpoints the more favourable because it lifts and drops the patient forcing the erected position.

HT4 (maximum distance difference between vertical amplitude of sitting points, cm)

The axial rotation of the vertebral column of the horse can be demonstrated by the vertical displacement differences of sitting points. The higher axial rotation movement of the

vertebral column of the horse is also favourable which transforms to lateralflexion of the vertebral column of the patient relaxing the muscles.

Analysis of data

Statistical analyses were made on ten strides in each horse. Means (SD) were computed for the spatial, temporal and the hippoterapeutical variables with SAS software (SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, NC, USA). The group means were analyzed for normality of distribution. Than one-way ANOVA and Duncan`s multiple range test were used to investigate the effects of the change of the horse on measured variables. A probability value of $\alpha = 0.05$ was chosen for all the statistical tests. Pearson`s correlation coefficient analyses were used to asses the relationships between the equine conformation and kinematic variables.

RESULTS

Body proportions are shown in *Table 2*. The data shows the horses in the study are quite varied that can expectedly help to picture the kinematic differences between the individuals.

Table 2.

Body proportions						
body parameters (1)	sitting point height (cm) (3)	tuber coxae height (cm) (4)	elbow height (cm) (5)	elbow – tuber coxae distance (cm) (6)	elbow – sitting point horizontal distance (cm)(7)	sitting point – tuber coxae distance (cm)(8)
Horse (2)						
1.	152.8	141.3	91.1	87.9	42.5	45.4
2.	149.2	128.4	91.0	88.5	39.4	49.1
3.	153.6	136.7	87.0	98.9	50.4	48.4
4.	157.9	136.1	93.6	93.0	47.8	48.3
5.	148.5	133.7	81.6	99.5	47.3	52.2
6.	123.6	104.9	57.5	80.3	41.8	38.5
7.	152.5	141.5	79.0	100.7	47.2	53.5
8.	150.6	135.8	75.3	102.8	57.9	44.8
9.	140.3	123.9	68.3	79.0	33.1	45.8
10.	137.6	124.4	77.6	88.6	48.6	39.9
11.	149.0	133.5	75.1	101.6	49.4	52.2
12.	156.0	136.4	82.0	108.2	54.2	54.0
13.	131.5	120.2	64.6	85.0	38.8	46.2
14.	122.1	108.7	59.9	85.4	43.0	42.4
Mean±SD (9)	144.7 ± 11.8	129.0 ± 11.4	77.4 ± 11.5	92.8 ± 9.1	45.8 ± 6.5	47.2 ± 4.9

2. táblázat: Testméretek

Testméretek(1), Ló(2), Ülőpont magasság(3), Külső csípőszöglet magasság(4), Könyök magasság(5), Könyök-külső csípőszöglet távolsága(6), Könyök-ülőpont távolsága(7), Ülőpont-külső csípőszöglet távolsága(8), Átlag±szórás(9)

Statistics for the linear stride variables at free walk were determined (Table 3.). Results of ANOVA and Duncan`s multiple range test indicate that the kinematics variables of horses were significantly different.

Linear stride variables

Means (SD) of the linear stride variables are summarized in Table 3.

Table 3.

Means and SD of the linear variables in the 14 horses in free walk. Accentuation indicates the extreme values in the examined population

Variable (1)	Step length (cm) ± SD (3)	Stride length (cm) ± SD (4)	Over-tracking distance (cm) ± SD (5)
Horse (2)			
1.	85.9± 3	169.2 ± 7.0	8.5 ± 2.6
2.	84.7± 2.1	166.2 ± 10.3	7.7 ± 3.7
3.	83 ± 2	161 ± 2.2	9 ± 3.1
4.	95.5 ± 2.4	187 ± 7.3	19.9 ± 4.2
5.	98.1 ± 2.8	196.4 ± 4.3	27.2 ± 2.7
6.	65.3 ± 1.3	128.9 ± 2	3.8 ± 1.8
7.	91.9 ± 1.7	184.3 ± 4	26.8 ± 3
8.	84.8 ± 1.6	172.2 ± 3	10.8 ± 1
9.	89.8 ± 1.7	177.7 ± 3.4	18.4 ± 2.5
10.	74.5 ± 1	148.8 ± 2	3.6 ± 0.5
11.	91.1 ± 1.1	181.6 ± 1.8	17.8 ± 3.1
12.	89.5 ± 1.8	179.7 ± 2.7	11.1 ± 3.6
13.	84.6 ± 1.6	168.7 ± 3.5	25.8 ± 3.4
14.	70 ± 2.5	139.1 ± 3.2	13.7 ± 2.9
Mean ± SD (6)	84.9 ± 9.4	168.6 ± 18.9	14.6 ± 8.2

3. táblázat: 14 ló lineáris változóinak átlagai és szórása szabad lépésben. A félkövér kiemelések a vizsgált populáció kiugró értékeit szemléltetik

Változók(1), Ló(2), Lépéshossz(3), Mozcásciklus hossz(4), Túllépés mértéke(5), Átlag±szórás(6)

The linear variables of horses were significantly different. The system recorded and processed data determining individual kinematic characters.

Hippoterapeutic stride variables

Statistics (mean, SD) of the hippoterapeutic stride variables are summarized in Table 4.

Correlation coefficients between the equine conformation and kinematic variables are shown in Table 5.

Table 4.

Statistics for the hippoterapeutic variables in the 14 horses in free walk. Values are mean and SD. Accentuation indicates the extreme values in the population examined

Variable (1)	HT1 (cm/s) ± SD	HT2 (cm/s) ± SD	HT3 (cm) ± SD	HT4 (cm) ± SD
Horse (2)				
1.	25.3± 7.3	6.4± 1.0	4.6± 1.2	1.6± 0.7
2.	43.3± 7.4	7.1± 0.8	1.6± 0.3	1.5± 0.6
3.	8.6± 6.1	4.3± 1.6	3.5± 0.7	2.2± 0.4
4.	34.3± 11.9	10.9± 1.5	3.8± 0.7	1.4± 0.8
5.	67.7± 15.0	11± 1.2	3.2± 0.4	2.3± 0.4
6.	6.8± 2.1	2.8± 1.4	2.9± 0.3	2.3± 0.6
7.	38.2± 2.9	2.7± 1.1	3.3± 0.4	1.3± 0.4
8.	28.3± 5.1	6± 1.2	3.4± 0.6	2.9± 0.7
9.	41.9± 5.0	3.2± 1.8	3.9± 0.6	2.2± 0.5
10.	25.2± 5.6	3.6± 0.8	2.3± 0.5	2± 0.5
11.	32.3± 4.1	3± 1.0	4.6± 0.4	4± 0.4
12.	36.9± 8.4	8.3± 2.1	3.8± 0.6	2.2± 0.7
13.	57.2± 11.1	7.7± 1.7	2.7± 0.5	3.4± 1.0
14.	35.8± 8.4	10± 2.2	4.1± 0.4	2.1± 0.7
Mean±SD (3)	34±16	6±3	3±1	2±1

4. táblázat: 14 ló hippoterápiás változóinak statisztikája szabad lépésben. A félkövér kiemelések a vizsgált populáció kiugró értékeit szemléltetik

Változók(1), Ló(2), Átlag±szórás(3)

Table 5.

Correlation coefficients between the equine conformation and kinematic variables (P<0.01)

body parameters (1)	sitting point height (3)	elbow height (4)	tuber coxae height (5)	sitting point – tuber coxae distance (6)
linear variable (2)				
step length (7)	r=0.77	r=0.59	r=0.77	r=0.81
stride length (8)	r=0.75	r=0.54	r=0.77	r=0.81
over-tracking distance (9)	r=0.15	r=-0.04	r=0.23	r=0.54
HT1	r=0.05	r=0.02	r=0.1	r=0.4
HT2	r=0.09	r=0.22	r=0.03	r=0.15
HT3	r=0.17	r=0.01	r=0.21	r=0.19
HT4	r=-0.17	r=-0.35	r=-0.14	r=0.03

5. táblázat: Testalakulás és a kinematikai változók közötti korrelációs koefficiensek (P<0,01)

Testméretek(1), Lineáris változók(2), Ülőpont magasság(3), Könyök magasság(4), Külső csípőszöglet magasság(5), Ülőpont-külső csípőszöglet távolsága(6), Lépés hossz(7), Mozgás ciklus hossz(8), Túllépés mértéke(9)

Significant correlations were observed between sitting point height and step- and stride length and we found the same correlation with sitting point – tuber coxae distance.

Significant correlations were not observed between hippotherapeutical measurements and body parameters, but we found significant correlation between the vertical amplitude of the tuber coxae and the sitting point height ($r=0.72$) and the elbow height ($r=0.75$) and tuber coxae height ($r=0.68$). We also find significant correlation between the maximum speed of the sitting point and elbow height ($r=0.74$). *Table 6.* shows correlation coefficients between all linear and hippotherapeutical variables.

Table 6.

Correlation between linear and hippotherapeutical variables ($P<0.01$)							
	step length (1)	stride length (2)	over tracking distance (3)	HT1	HT2	HT3	HT4
step length (1)	$r=1.00$	$r=0.98$	$r=0.66$	$r=0.50$	$r=0.24$	$r=0.20$	$r=0.01$
stride length (2)	$r=0.98$	$r=1.00$	$r=0.67$	$r=0.53$	$r=0.23$	$r=0.22$	$r=0.04$
over tracking distance (3)	$r=0.66$	$r=0.67$	$r=1.00$	$r=0.65$	$r=0.25$	$r=0.17$	$r=0.12$
HT1	$r=0.50$	$r=0.53$	$r=0.65$	$r=-1.00$	$r=0.47$	$r=-0.10$	$r=0.13$
HT2	$r=0.24$	$r=0.23$	$r=0.25$	$r=0.47$	$r=1.00$	$r=0.05$	$r=-0.06$
HT3	$r=0.20$	$r=0.22$	$r=0.17$	$r=-0.10$	$r=0.05$	$r=1.00$	$r=0.18$
HT4	$r=0.01$	$r=0.04$	$r=0.12$	$r=0.13$	$r=-0.06$	$r=0.18$	$r=1.00$

6. táblázat: A lineáris és hippoterápiás változók közötti korreláció ($P<0,01$)

Lépés hossz(1), Mozgás ciklus hossz(2), Túllépés mértéke(3)

Significant correlations were observed between all linear stride variables. We also find medium correlation between HT1 and the over tracking distance. There also was a tendency ($r=0.47$) between HT1 and HT2.

DISCUSSION

In our study the kinematics variables of horses were significantly different, so the method we used is suitable for assessing and comparing horses used in hippotherapy.

Horse nr.3 is ideal for the first hippotherapeutical training, due to the extremely low speed differences the riders can find their balance much easier, furthermore, it is also ideal choice for spastic patients. Horses nr.4 and nr.5 have excellent axial rotation effects on an experienced well-postured rider, this also results the most effective muscle relaxation. Horses nr.1 and nr.2 are ideal as hippotherapeutical horses as in motion characteristics they provided medium results suitable for patients multiple impairments.

Little work has been published on the effect of equine conformation on rider oscillation. This study showed significant correlations between step-, stride length and body

parameters in free walk. It shows that taller and longer horses have longer step and stride length. Correlations were not observed between hippotherapeutical measurements and body parameters. We suppose that there are too many factors (body parameter) effect the movement of the sitting point of the horse.

We found significant correlation between the vertical amplitude of the tuber coxae and body parameters. It shows that tuber coxae of taller horses move on a bigger vertical range. *Barrey et al. (2002)* showed that Andalusia horses whose withers height, back length and forelimbs were smaller than German horses had smaller vertical amplitude. There was a strong tendency ($r=0.65$) between sitting point velocity differences (HT1) and the over tracking distance. From the aspect of hippotherapy, HT1 is one of the most informative kinematic parameter. The continually forward fluctuation in acceleration and deceleration (in the direction of the movement) caused by changing the swing and stance phases of limbs of the horse enhances the forward and backward movement of the human pelvis, flexion-extension the hip and sacral pelvic joint and erection of the vertebral column. Horses low HT1 are better for riders having balance issues. These horses are suitable for first time riders or patients with spasticity. The higher HT1 values have positive effects on training the rider's trunk. The over tracking distance is measurable easily, without any special equipment, so this is a useful information for the hippotherapeutists.

There also was a tendency ($r=0.47$) between HT1 and HT2 (velocity difference between the left and right sitting points at maximum speed of left sitting point). The lateral flexion of the equine vertebral column causes transverse movements of the sitting points. This results a rotation of the vertebral column of the patient relaxing the muscles of the trunk. The longest step length and over-tracking distance were noticed at individuals with high average HT2, because the lateral flexion of the vertebral column is determinate mostly by the step length of hindlimbs.

REFERENCES

- American Hippotherapy Association Inc. (AHA, Inc.) (2010):
http://www.americanhippotherapyassociation.org/aha_hpot_tool.htm
- Anderson, M.K., Friend, T.H., Evans, J.W., Bushong, D.M. (1999): Behavioral assessment of horses in therapeutic riding programs. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 63. 11-24.
- Barrey, E., Desliens, F., Poirel, D., Biau, S., Lemaire, S., Rivero, J.L.L., Langlois, B. (2002). Early evaluation of dressage ability in different breeds. *Equine Vet. Journal*, 34. 319-324.
- Györgypál Z. (2002). *Hippoterápia jegyzet*, Balogunyom. 71.
- Hermannova, H. (2002). From enthusiasm to the professionalism or from carting to the methodology. In *Sbornik prací z hipporehabilitačního semináře 24*, 1-9.
- Janura M., Peham C., Dvorakova T., Elfmark M. (2009): An assesment of the pressure distribution exerted by a rider on the back of a horse during hippotherapy. *Human Movement Science*, 28. 387-393.
- Johnston, C., Holm, K., Faber, M., Erichsen, C., Eksell, P., Drevemo, S. (2002). Effect of conformational aspect on the movement of the equine back. *Equine Veterinary Journal* 34. 314-318.
- Matsuura, A., Ohta, E., Ueda, K., Nakatsuji, H., Kondo, S. (2008). Influence of Equine Conformation on Rider Oscillation and Evaluation of Horses for Therapeutic Riding. *J. Equine Sci.*, 19. 1. 9-18.
- RDA (The Riding for the Disabled Association) (1990). *Horses, Ponies and Donkeys*. In: *The RDA official manual*, The Kenilworth Press, London. 43-50.

Trauffkirchen, E. (2000). Kinder-Hippotherapie. Hippotherapie, neurophysiologische Behandlung mit und aus dem Pferd. 107-166.

Corresponding author (*levelezési cím*):

Péter Jámor

H-1089 Budapest, Vajda Péter utca 7.

Mobile: 06-30-203-72-18

e-mail: jamborp@freemail.hu

A táplálék megvonásának élettani hatásai halakban

Irodalmi áttekintés

Varga¹ D., Szabó² A.

¹Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Környezettudományi és Természetvédelmi Intézet

²Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Élelmiszer- és Mezőgazdasági Termék Minősítő Intézet

7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

A halfajok jelentős része ki van téve hosszabb-rövidebb táplálékhiányos időszaknak élete során, mind természetes, mind mesterséges környezetben. Az éhezés jelentős élettani változásokat indukál a szervezetben. Nagymértékben módosul a táplálépanyagok intermedier metabolizmusa. Az irodalmi áttekintés össze kívánja foglalni, hogy mik azok a főbb élettani változások, amelyek rövidebb vagy hosszabb távú táplálékhiány esetén fellépnek halak szervezetében.

(Kulcsszavak: hal, táplálékhiány, metabolizmus)

ABSTRACT

Physiological effects of food restriction in fish

An overview

D. Varga¹, A. Szabó²

¹Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Environmental and Natural Conservation Sciences

²Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Food and Agricultural Product Qualification

H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

Most of the fish species are exposed to short-term or long-term starvation during their lifespan in natural and artificial conditions also. The intermedier metabolism of nutrients in the starving organisation changes significantly. In this paper authors are going to give an overview on the main starvation-induced changes in the physiology of fishes.

(Keywords: fishes, food restriction, metabolism)

BEVEZETÉS

A halfajok jelentős része ki van téve hosszabb-rövidebb táplálékhiányos időszaknak élete során. Természetes körülmények közt elsősorban a növény- és mindenevő fajok táplálkozása szünetel a téli hónapok során, illetve az aktív szaporodási időszakban mellőzik a halfajok a táplálékfelvételt. Mindezek mellett egyes vándorló (anadrom és katadrom) fajok már az ívóhelyre történő több hetes vagy hónapos út során sem táplálkoznak.

A haltenyésztésben mesterséges körülmények közt előidézett táplálékhiányról, úgynevezett táplálékmegvonásról beszélhetünk. A nevelés utolsó fázisában a halak takarmányozását szüneteltetik annak érdekében, hogy a béltraktus kiürüljön, az esetleges minőségrontó anyagok eltávozzanak, illetve a túlzott test-zsírtartalom csökkenjen. Összességében főleg termék-minőségjavító hatás elérése céljából vonják meg a táplálékot a halaktól. Másrészt a már lehalászott halakat sok esetben nem dolgozzák fel,

hanem élőhalként árusítják. A szállítás és a tárolás időszaka a lehalászástól a megvásárlásig akár több hétig is eltarthat, mely során a halak takarmányozása szintén szünetel.

Táplálékmevonas hatását elsősorban nagy mennyiségben előállított, gazdasági jelentőségű halfajokon vizsgálták. Ezek különböző tengeri fajok (*Sparus aurata*) (Álvarez és mtsai., 2008), illetve lazacfélék (*Salmo salar*, *Onchorhynchus mikyss*) (Einen és mtsai., 1998; Einen és Thomassen, 1998; Bayir és mtsai., 2011) melyek Nyugat-Európa haltermelésének jelentős hányadát képezik, és fontos ezen termékek minőségének fenntartása.

Az irodalmi áttekintés össze kívánja foglalni, hogy mik azok a főbb élettani változások, amelyek rövidebb vagy hosszabb távú táplálékhiány esetén fellépnek a halak szervezetében.

Morfológiai és szomatikus változások

A táplálék hosszú távú hiányának elsődleges, szemmel látható hatásai a testparaméterek változásában nyilvánulnak meg. Táplálékmevonas következtében jelentős élősúly-csökkenés következik be (Einen és mtsai., 1998; Hung és mtsai., 1997; Friedrich és Stepanowska, 2001). A testhossz értelemszerűen nem csökkenhet, de az élősúly csökkenése miatt megváltoznak a halak számított testarányai, úgymint a kondíciófaktor (Einen és mtsai., 1998), a visceró-szomatikus index (VSI) és a hepato-szomatikus index (HSI) is (Hung és mtsai., 1997).

Legnagyobb mértékben e két utóbbi paraméter mutat csökkenést táplálékmevonas hatására. A máj és a hasúri zsír tömegének csökkenése arra vezethető vissza, hogy a hiányzó energiát a halak elsősorban ezen szervek zsírtartalmából fedezik. Csökkenésüket már a rövid távú éhezés is indukálja, illetve az a hosszú távú éhezés első fázisában zajlik le. Vizában (*Huso huso*) két hét alatt jelentős csökkenés mutatható ki a visceró-szomatikus index tekintetében (Falahatkar, 2012). Éheztetett rózsaszínű durbincs (*Pagrus pagrus*) HSI értéke kis mértékben, VSI értéke azonban szignifikánsan csökkent 14 nap alatt a kontroll csoporthoz viszonyítva Caruso és mtsai. (2012) szerint.

Testösszetételi változások

A teljes testösszetétel is jelentős változáson megy keresztül a hosszan tartó éhezés folyamán. Táplálék hiánya miatt a szervezet saját szöveteit bontva (katabolizmus) kompenzálja az energiahiányt, legnagyobb mértékben a zsírszövet aránya csökken éhezés folyamán. A halak több helyen is tárolnak zsírt a szervezetükben: intramusculárisan, a májban, a hasüregben és a bőr alatt. A táplálékmevonas hatására kialakuló lipidtartalom csökkenést így célszerű a teljes test zsírtartalmával mérni (Falahatkar, 2012; Hancz és mtsai., 2003).

A különböző halfajok más-más módon igyekeznek energiát mobilizálni deficit idején. Atlanti lazac (*Salmo salar*) elsősorban az intramusculáris zsír katabolizmusával pótolja a hiányzó energiát (Einen és mtsai., 1998). Ezzel szemben a fehér tok (*Acipenser transmontanus*) jelentősebb mennyiségben használja fel a viscerális lipideket hasonló körülmények között (Hung és mtsai., 1997). A hasúri zsír mennyiségének nagymértékű csökkenése a legtöbb halfajban (víza, tengeri keszeg és fehér tok) igazolható táplálékhiányos időszakban (Falahatkar, 2012; Caruso és mtsai., 2012; Hung és mtsai., 1997).

Metabolikus hatások

A hosszan tartó éhezés a vér biokémiai összetevőinek változásával is jól jellemezhető, mely változások a metabolizmus anabolikustól a katabolikus tendencia felé való eltolódásának eredménye. Az éhezés, mint egyfajta stressz, jelentősen módosítja a szervezet biokémiai folyamatait.

Rövidtávú éhezés (egy-két nap) során a szervezet első számú válasza a catekolaminok (elsősorban adrenalin) felszabadítása, mely rendkívül gyors folyamat. A catekolaminok a szimpatoadrenális rendszeren keresztül serkentik a glikogénolízist (glikogén glükózzá alakítása), mellyel közvetlen hatást fejtenek ki a szénhidrát raktárakra (pl.: máj) (Mommson és mtsai., 1988).

Ha az éhezés tovább folytatódik (több napig, vagy akár több hónapig), a hosszan tartó stressz miatt aktivizálódik a hipotalamusz - agyalapi mirigy - mellékvese tengely (HPI-tengely). A folyamat során megindul a kortizol szintézise és szekréciója. A kortizol serkenti a glükoneogenezist, vagyis a szervezet aminosavainak és lipidjeinek glükózzá alakítását (Janssens és Waterman., 1988). A lipid-mobilizáció szintén intenzívvé válik.

A halfajok nagy részében hosszútávú táplálékhiány során a plazma glükóz koncentrációja csökken (ponty, Friedrich és Stepanowska, 2001). Több faj, köztük a tavi tok (*Acipenser fulvescens*) képes közel azonos szinten tartani a plazma glükóz szintjét 60 napos éhezés során is, melyet aktív glükoneogenezissel ér el az izomfehérjék katabolizmusa révén (Gillis és Ballantyne, 1996). Jundiá (*Rhamdia quelen*) esetében Barcellos és mtsai. (2010) táplálék-megvonás hatására plazma glükóz koncentrációjának emelkedését írták le az első héten, mely a második hét elteltével visszaesett a kezdeti szint alá. Ezzel párhuzamosan emelkedett, majd csökkent (kisebb mértékben) a plazma kortizol koncentrációja is.

A plazma szabad aminosavai - a glükózhoz hasonló módon és azzal összefüggésben - némely fajnál (pl. ponty) erős koncentráció-csökkenést mutatnak (Friedrich és Stepanowska, 2001), más fajoknál azonban szinten maradnak (tavi tok) vagy koncentrációjuk növekszik (*Nothotenia coriiceps*) (glükogénikus aminosavak, Gillis és Ballantyne, 1996; Stepanowska és mtsai., 2006).

A plazma lipidtartalma és összetétele is változik az éhezés folyamán. A triglicerid és az összkoleszterin szintje jelentős csökkenésen megy keresztül, egyidőben a HDL-koleszterin frakció koncentrációja növekszik (Friedrich és Stepanowska, 2001; Stepanowska és mtsai., 2006; Hung és mtsai., 1997). Figueiredo-Garutti és mtsai. (2002) eredményei alapján brycon (*Brycon cephalus*) plazma szabad zsírsav (FFA) koncentrációja az éhezés első periódusában (48 óra) jelentősen megemelkedett, majd enyhe csökkenés után újra emelkedésnek indult. A plazma FFA szintjének emelkedését több halfajban is leírták hosszú távú éhezés folyamán (angolna: Larsson és Lewander, 1973; kárász: Wiegand és Peter, 1980; pisztráng: Letherland és Nuti, 1981). A vérplazma magas FFA szintje az éhezés kezdeti szakaszában a lipidek későbbi felszívódásával (összehasonlítva más metabolitokkal) van kapcsolatban, míg a hosszabb távon a nagyarányú lipid-mobilizáció eredménye (Figueiredo-Garutti és mtsai., 2002).

Változás a zsírsav-összetételben

Lipidek felhasználása szelektíven történik a halakban, melyet elsősorban egyéb környezeti tényezők befolyásolnak. A zsírsav-összetétel jelentősen megváltozhat pár hetes időtartam alatt. A ponty (*Cyprinus carpio*) hosszan tartó éhezés folyamán hideg környezetben elsősorban telített zsírsavakat használja fel (Zajic és mtsai., 2012). Lazac filé zsírsav-összetétele hasonló módon alakul, hosszan tartó éhezés során a telített zsírsavak

aránya csökken, miközben az egyszeresen (MUFA) és többszörösen telítetleneké (PUFA) növekszik (Einen és mtsai., 1998). Hibrid tilápia (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) májában 45 napig tartó táplálékmevönás során a PUFA részaránya 18,3%-ról 39,9%-ra emelkedett az ikrás, és 16,9%-ról 46,2%-ra növekedett a tejes egyedekben (De Silva és mtsai., 1997).

Delgado és mtsai. (1994) szerint a 8 hétig tartó takarmánymevönás tengeri sügér (*Dicentrarchus labrax*) filéjének és májának zsírsav-összetételét is jelentősen módosítja. Mindkét szövetben enyhén csökkent a telített zsírsavak - és ezzel párhuzamosan - kis mértékben nőtt a többszörösen telítetlen zsírsavak aránya az összlipid tartalmat vizsgálva. A triglicerid frakció zsírsavaiban nem történt lényegi változás, azonban a foszfolipidek zsírsavai jelentősen módosultak az izomban éhezés hatására. A többszörösen telítetlen esszenciális zsírsavak aránya nem változott vagy pedig jelentősen megemelkedett („paradoxical conservation”), ezzel szemben a telített, nem esszenciális zsírsavak aránya lényegesen csökkent.

Nagy valószínűséggel még több halfajnál is fennáll az esszenciális zsírsavak szelektív retenciója energiadeficit idején (Szabó és mtsai., 2005), mely jelenség azzal magyarázható, hogy a szervezet energiahiányos időszakban is igyekszik fenntartani a biológiai membránok telítetlenségének szükséges szintjét.

Oxidatív stressz és antioxidáns kapacitás

A metabolizmus erőteljes megváltozásával a lipidperoxidáció is jelentősen fokozódik, melyet az antioxidáns kapacitás (szuperoxid-diszmutáz, kataláz és glutation peroxidáz) módosulása követ (Morales és mtsai., 2004). Az oxidatív károsodás fajonként eltérő mértékű. Míg a takarmányozás újraindításával fogasdurbincsbán (*Dentex dentex*) visszafordítható (Morales és mtsai., 2004), addig sebes pisztráng (*Salmo trutta*) esetében visszafordíthatatlan oxidatív károsodás keletkezik a májban (Bayir és mtsai., 2011).

A szuperoxid-diszmutáz (SOD) és a glutation peroxidáz (GPX) aktivitása táplálékmevönás következtében viszonylag gyorsan fokozódik. Már három nap éhezés után szignifikánsan megemelkedik normálisan takarmányozott halakkal összehasonlítva (Morales és mtsai., 2004; Zhang és mtsai., 2008).

Az állati szervezetek antioxidáns rendszere egy enzimatis és egy nem-enzimatis rész-rendszerből épül fel. A legteljesebb képet az antioxidáns rendszerről a teljes antioxidáns kapacitás (T-AOC) meghatározásával kaphatjuk, mely célravezetőbb a különböző komponensek egyedi mérésénél (Winston és mtsai., 1998). Több szerző is a teljes antioxidáns kapacitás csökkenését írta le eltérő halfajokban (kínai tok: Zhang és mtsai.) hosszan tartó éhezés hatására.

A nem enzimatis lipidperoxidációt gyakran jellemzik a malondialdehid (MDA) koncentráció meghatározásával, egy citotoxikus és mutagén végtermékkel, mely a több mint három kettős kötéssel rendelkező zsírsavakból alakul ki (Mead és mtsai., 1985). Hosszú távú éhezés során a malondialdehid koncentrációjának növekedése megközelítőleg három hét elteltével indul el, mely májban (Pascual és mtsai., 2003) és filében (Zhang és mtsai., 2008) is megfigyelhető.

Éhezés hatása a húsminőségi tulajdonságokra

A halak konvencionális húsminőségi vizsgálata a táplálékmevönással kapcsolatban egyelőre nem széles körben vizsgált terület. A nemzetközi szakirodalomban kevés az erre vonatkozó tanulmány.

A takarmány mevönása közvetett módon befolyásolja a húsminőséget is. Elsősorban az eltarthatóságot módosítja a hosszú távú éhezés kétféle módon: Elsőként,

jelentősen lecsökken a haltest zsírtartalma, mellyel párhuzamosan a víztartalom megnövekszik. A halhús amúgy is a magas víztartalmú húsfélékhez tartozik (Darázs és Aczél, 1987), mely ilyen módon tovább fokozódik, és nagymértékben meggyorsítja a halhús romlását.

Másodsorban az energiahányos állapot során a glikogén mennyisége csökken az izomban, így a *post mortem* folyamatok során a hús pH-ja magasabb értékeket ér el (Einen és Thomassen, 1998; Álvarez és mtsai., 2008). Ez a jelenség szintén csökkenti a halhús eltarthatósági idejét.

A halhús színét kevésbé, textúráját nagyobb mértékben módosítja az éhezés. Az éheztetett halak húsa puhábbá válik (Álvarez és mtsai., 2008).

KÖVETKEZTETÉSEK

A szakirodalomból következtetésként levonható, hogy az éhezés markáns változásokat eredményez a halak élettani folyamataiban. A metabolizmus anabolikusról katabolikusra módosul, a szervezet saját energiaraktárait mobilizálva tartja fenn magát. Ezt kihasználva a haltenyésztésben takarmánymegvonással csökkenthető a haltest túlzott zsírtartalma, sőt a filé zsírsavprofilja javítható táplálkozásélettani szempontból is az esszenciális zsírsavak szelektív retenciója miatt. A konvencionális húsminőség és az éhezés kapcsolatának további vizsgálata javasolandó, az eddig csekély számban megjelent tanulmányt figyelembe véve.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával a TÁMOP4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú "Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program" című kiemelt projekt keretei között valósult meg.

IRODALOM

- Álvarez, A., García, G.A., Garrido, M.D., Hernández, M.D. (2008): The influence of starvation prior to slaughter on the quality of commercial-sized gilthead seabream (*Sparus aurata*) during ice storage. *Aquaculture*, 284. 106-114.
- Bayir, A., Sirkecioglu, A.N., Bayir, M., Haliloglu, H.I., Kocaman, E.M., Aras, N.M. (2011): Metabolic response to prolonged starvation, food restriction, and refeeding in the brown trout, *Salmo trutta*: Oxidative stress and antioxidant defenses. *Comparative Biochemistry and Physiology B*, 159. 191-196.
- Barcellos, L.J.G., Marqueze, A., Trapp, M., Quevedo, R.M., Ferreira, D. (2010): The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundiá *Rhamdia quelen*. *Aquaculture*, 300. 231-236.
- Caruso, G., Denaro, M.G., Caruso, R., Genovese, L., Mancari, F., Maricchiolo, G. (2012): Short fasting and refeeding in red porgy (*Pagrus pagrus*, Linnaeus 1758): Response of some haematological, biochemical and non specific immune parameters. *Marine Environmental Research*, 81. 18-25.
- Darázs S., Aczél A. (1987): Édesvízi halak feldolgozása, Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, 220.

- Delgado, A., Estevez, A., Hortelando, P., Alejandre, M.J. (1994): Analyses of Fatty acids from different lipids in liver and muscle of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Influence of temperature and fasting. *Comp. Biochem. Physiol.* 108. 673-680.
- De Silva, S.S., Gunasekera, R.M., Austin, C.M. (1997): Changes in the fatty acid profiles of hybrid red tilapia, *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*, subjected to short term starvation, and a comparison with changes in seawater raised fish. *Aquaculture*. 153. 273-290.
- Einen, O., Waagan, B., Thomassen M.S. (1998): Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*) I. Effects on weight loss, body shape, slaughter- and fillet yield, proximate and fatty acid composition. *Aquaculture*. 166. 85-104.
- Einen, O., Thomassen M.S. (1998): Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*) II. White muscle composition and evaluation of freshness, texture and colour characteristics in raw and cooked fillets. *Aquaculture*. 169. 37-53.
- Falahatkar, B. (2012): The metabolic effects of feeding and fasting in beluga *Huso huso*. *Marine Environmental Research*, 82. 69-75.
- Figueiredi-Garutti, M.L., Navarro, I., Capilla, E., Souza, R.S.H., Moraes, G., Gutiérrez, J., Vicentini-Paulino, M.L.M. (2002): Metabolic changes in *Brycon cephalus* (Teleostei, Characidae) during post-feeding and fasting. *Comparative Biochemistry and Physiology A* 132. 467-476.
- Friedrich, M., Stepanowska, K. (2001): Effect of starvation on the nutritive value of carp (*Cyprinus carpio* L.) and selected biochemical components of its blood. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 31. 2. 29-36.
- Gillis, E.T., Ballantyne, J.S. (1996): The effects of starvation on plasma free amino acid and glucose concentrations in lake sturgeon. *Journal of Fish Biology*. 49. 1306-1316.
- Hancz, Cs., Romvári, R., Szabó A., Molnár, T., Horn, P. (2003): Measurement of total body composition changes of common carp by computer tomography. *Aquaculture Research*. 34.12. 991 – 997.
- Hung, S.S.O., Liu, W., Li, H., Storebakken, T., Cui, Y. (1997): Effect of starvation on some morphological and biochemical parameters in white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. *Aquaculture*. 151. 357-363.
- Janssens P.A., Waterman J. (1988): Hormonal regulation of gluconeogenesis and glycogenolysis in carp (*Cyprinus carpio*) liver pieces cultured in vitro. *Comparative Biochemistry and Physiology A* 91. 451-457.
- Larsson, A., Lewander, K. (1973): Metabolic effects of starvation in the eel, *Anguilla anguilla* L. *Comparative Biochemistry and Physiology A* 44. 367-374.
- Leatherland, J.F., Nuti, R.N. (1981): Effects of bovine growth hormone on plasma FFA concentrations and liver, muscle and carcass lipid content in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Biology* 19. 487-498.
- Mead, J.F., Alfin-Slater, R.B., Howton, D.R., Popják, G., (1985): *Lipids, Chemistry, Biochemistry and Nutrition*. Plenum Press, New York, USA.
- Mommsen T. P., Walsh P. I., Perry S. F., Moon T. W. (1988): Interactive effects of catecholamines and hypercapnia on glucose production in isolated trout hepatocytes. *General and Comparative Endocrinology*, 70. 63-73.
- Morales, A.E., Pérez-Jimenez, A., Hidalgo, M.C., Abellán, E., Cardente, G. (2004): Oxidative stress and antioxidant defenses after prolonged starvation in *Dentex dentex* liver. *Comparative Biochemistry and Physiology, C*. 139. 153-161.

- Pascual, P., Pedrajas, J.R., Toribio, F., López-Barea, J., Peinado, J. (2003): Effect of food deprivation on oxidative stress biomarkers in fish (*Sparus aurata*). *Chemico-biological Interactions*. 145. 191-199.
- Stepanowska, K., Nedzarek, A., Rakusa-Suszczewski, S. (2006): Effects of starvation on the biochemical composition of blood and body tissue in the Antarctic fish *Notothenia coriiceps* (Richardson, 1844) and excreted metabolic products. *Polar Biosciences*. 20. 46-54.
- Szabó, A., Fébel, H., Mézes, M., Horn, P., Balogh, K., Romvári, R. (2005): Differential utilization of hepatic and myocardial fatty acids during forced molt of laying hens. *Poultry Sci*. 84. 1. 106-112.
- Wiegand, M.D., Peter, R.E. (1980): Effects of testosterone, estradiol-17 β and fasting on plasma free fatty acids in the goldfish, *Carassius auratus*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 66. 323-326.
- Winston, G.W., Regoli, F., Dugas, J.A., Fong, J.H., Blanchard, K.A. (1998): A rapid gas chromatographic assay for determining oxyradical scavenging capacity of antioxidants and biological fluids. *Free Radical Biology and Medicine* 24. 480-493.
- Zajic, T., Mraz, J., Kozak, P., Pickova, J. (2012): Effect of pugging on lipid quality of common carp *Cyprinus carpio* L. flesh. *AQUA 2012 Global Aquaculture*. Prague. p. 1197.
- Zhang, X., Zhu, Y., Cai, L., Wu, T. (2008): Effects of fasting on the meat quality and antioxidant defenses of market-size farmed large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). *Aquaculture*, 280. 136-139.

Levelezési cím (*corresponding author*):

Varga Dániel

Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Környezettudományi és Természetvédelmi Intézet

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Environmental and Natural Conservation Sciences

H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

Tel.: +36-82-505-800

e-mail: varga.daniel@ke.hu

Eltérő olaj-kiegészítés hatása nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus*) filéjének egyes minőségi tulajdonságaira és NIR technikára alapozott elkülöníthetőségére

Molnár¹ T., Kacsala² L., Romvári² R., Varga¹ D.

¹Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Környezettudományi és Természetvédelmi Intézet

²Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Élelmiszer- és Mezőgazdasági Termék Minősítő Intézet

7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

Kísérletünkben három különböző olaj-kiegészítés (halolaj, lenolaj és napraforgóolaj) hatását vizsgáltuk nílusi tilápia növekedésére, húsminőségi tulajdonságaira (filé pH és szín) és közeli infravörös spektroszkópiás módszeren alapuló csoportosíthatóságára. A csoportok közt növekedésben és húsminőségben nem található különbség, azonban a halolaj-, és lenolaj-kiegészítésű takarmányt fogyasztó csoportokon belül az ivarok közt szignifikáns különbségek adódtak a pH és a színparaméterek tekintetében. A NIRS analízis alapján a csoportok megfelelő biztonsággal elkülöníthetők. Következtetésként levonható, hogy a növényiolaj-kiegészítés nem eredményezett csökkent növekedést és minőségi változást a vizsgált halakban a halolaj-kiegészítésű csoporttal összevetve. (Kulcsszavak: nílusi tilápia, olaj-kiegészítés, húsminőség, NIRS)

ABSTRACT

Effects of different oil supplementation on some quality parameters and NIR-based classification of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

T. Molnár¹, L. Kacsala², R. Romvári², D. Varga¹

¹Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Environmental and Natural Conservation Sciences

²Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Food and Agricultural Product Qualification

H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

In our experiment, we analyzed the weight gain, some quality parameters (fillet pH and color) and near infrared spectroscopy based classification of Nile tilapia fed three different oil supplementations (fish oil, linseed oil and sunflower oil). No significant differences were found between groups in meat quality traits, but significant differences were found between sexes within groups in pH and color values. NIRS-based classification of the groups was effective. In conclusion, no negative effects were found resulted by the vegetable oil supplementation.

(Keywords: Nile tilapia, oil supplementation, flesh quality, NIRS)

BEVEZETÉS

A nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus*) az egyik legszélesebb körben és legnagyobb mennyiségben tenyésztett halfaj a világon. Termelése az elmúlt dekádban több mint

kétszeresére nőtt. Világszintű termelése 2010-ben meghaladta a 2,5 millió tonnát (FAO, 2013).

A halolaj iránti kereslet növekedése indokoltta tette a különböző növényi olajok használatának vizsgálatát a haltakarmányozásban. Több halfaj esetében történtek már ilyen jellegű vizsgálatok, köztük nílusi tilápia tekintetében is. A vizsgálatok elsősorban a termelési mutatókra és a filé, valamint egyéb szövetek zsírsavösszetételére fókuszáltak (Bíró és mtsai., 2009; Molnár és mtsai., 2012; Ng és Bahurmiz, 2009). Azt illetően, hogy a takarmányban helyettesített olajforrás milyen módon befolyásolja a húsminőséget, szegényesek az ismereteink. Bíró és mtsai. (2008) eltérő olaj-kiegészítés mellett nem tapasztaltak különbséget a filé víztartó képességében a vizsgált csoportok között.

Az ivar köztudottan befolyásolja a termelési mutatókat nílusi tilápia esetében. A hím egyedek növekedése lényegesen gyorsabb és erőteljesebb. Az ivar a filé és egyéb szövetek zsírsavprofilját is jelentősen befolyásolja az etetett takarmány zsírsavösszetételének függvényében (Bíró és mtsai., 2009; Szabó és mtsai., 2011).

Kísérletünk célja eltérő olaj-kiegészítésű (halolaj, lenolaj és napraforgóolaj) táppal etetett nílusi tilápiák filéjének minőségi vizsgálata, olyan szempontokból (pH és szín), melyeket ez idáig kevésbé vizsgáltak, különös figyelmet fordítva az ivari különbségekre. Emellett vizsgálni kívánjuk a halfilék csoportosíthatóságát takarmányozási szempontból, közeli infravörös spektroszkópiás (NIRS) analízisre alapozva.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Halak, takarmányozás

A kísérlet a Kaposvári Egyetem Hallaboratóriumában került lebonyolításra. A kísérletre szánt halakat 300 l térfogatú akváriumokban helyeztük el. A kezelések 3 ismétlésben történtek, akváriumonként 20 egyeddel. A víz hőmérséklete a kísérlet ideje alatt 23–25 °C volt. Az etetési kísérlet 42 napig tartott mely során három eltérő olaj-kiegészítésű (halolaj, lenolaj, napraforgóolaj) tápot etettünk. A halakat napi két alkalommal, *ad libitum* etettük. Az etetett takarmányok zsír-, fehérje- és szárazanyag-tartalmát az 1. táblázat mutatja.

A halak élő súlyát a kísérlet kezdetén és befejezésekor 1 g pontossággal mértük, melyből csoportátlagot számoltunk. A kísérlet befejezésekor akváriumonként 10 egyedet ($n_{\text{össz}}=90$) feje mért erőteljes ütéssel kiirtottunk és mindkét oldali filét eltávolítottuk a további vizsgálatokhoz.

1. táblázat

A használt haltápok főbb összetevői

Összetevők (1)	Halolaj kiegészítés (2)	Lenolaj kiegészítés (3)	Napraforgóolaj kiegészítés (4)
Szárazanyag (5)	85,2	85,9	84,9
Nyersfehérje (6)	26,4	26,9	26,5
Nyerszsír (7)	12,5	12,1	11,9

Table 1. Proximate composition of fish feeds

Components(1), Fish oil supplementation(2), Linseed oil supplementation(3), sunflower oil supplementation(4), Dry matter content(5), Crude protein(6), Crude fat(7)

Minőségi vizsgálatok

A minőségi vizsgálatokat a halak bal oldali filéjéből végeztük a Kaposvári Egyetem Termékminősítő Laboratóriumában. A 24 órás pH értéket Testo 205 pH mérő műszerrel határoztuk meg. A filék színének meghatározását friss metszési felületen végeztük (Minolta ChromaMeter 300, L, a*, b*).

NIRS analízis

A közeli infravörös spektroszkópiás méréseket szintén a Kaposvári Egyetem Termékminősítő Laboratóriumában végeztük. Az analízishez a halak jobb oldali homogenizált filéit használtuk (IKA basic A101).

A közeli infravörös spektrumokat NIRSystem 6500 (Foss NIRSystem, Silver Spring, MD, USA) spektrométerrel mértük reflexiós módban, 1100–2500 nm-es hullámhossztartományban, 2 nm-es lépésközzel, majd $\log(1/R)$ formában rögzítettük azokat. A vizsgálatok során ún. „Small Ring Cup” mintatartót használtunk. A műszer vezérléséhez és az adatok kezeléséhez a WinISI II 1.5 szoftvert használtuk.

Statisztika

Az alapadatokat SPSS for Windows 10 (1999) statisztikai programmal értékeltük. A kétszeres szórástávolságon kívüli értékek kizárása után a fennmaradó értékekkel normalitásvizsgálatot végeztünk (Shapiro-Wilk teszt). Az olaj-kiegészítés húsminőségi tulajdonságokra gyakorolt hatásainak vizsgálatánál egytényezős varianciaanalízist végeztünk (ANOVA, *post hoc* Tukey teszttel, $p < 0,05$). Az ivar okozta csoporton belüli különbségek kimutatására független kétmintás t-próbát ($p < 0,05$) alkalmaztunk. A NIR adatok alapján végzett takarmányozás szerinti csoportosítást diszkriminancia analízissel végeztük.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Növekedés

Az eltérő olaj-kiegészítés nem volt szignifikáns hatással a halak növekedésére, a csoportok között nem találtunk statisztikailag igazolható különbséget. Az 1. ábráról azonban leolvasható, hogy a halolaj kiegészítésű takarmány eredményezte a legmagasabb átlagos élősúlyt. *Biró és mtsai.* (2008) eredményeikben szintén arról számoltak be, hogy különböző olaj-kiegészítések (halolaj, lenolaj és szójaolaj) közül a halolaj javította legnagyobb mértékben a termelési mutatókat.

1. ábra

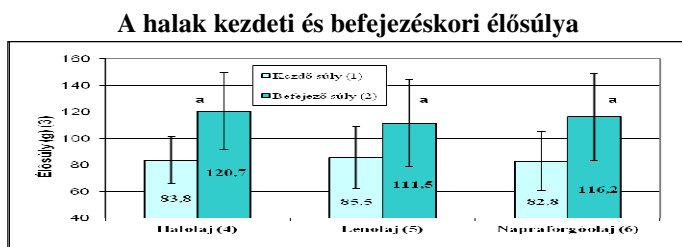


Figure 1: Initial and final weight of the fish

Initial weight(1), Final weight(2), Live weight(3), Fish oil(4), Linseed oil(5), Sunflower oil(6)

File pH és szín

A file pH és színparaméter értékeit vizsgálva megállapítottuk, hogy a különböző tápok olajtípusának hatása nem volt szignifikáns ($p > 0,05$), és lényeges különbség sem volt kimutatható a csoportok között (2. táblázat).

2. táblázat

A halfilék pH értékének és színének átlagértékei

	Lenolaj (1)	Halolaj (2)	Napraforgóolaj (3)
	átlag±szórás (4)		
pH 24 h	6,15±0,12	6,21±0,13	6,16±0,1
L	50,36±3,48	49,69±2,62	51,12±1,95
a*	1,99±1,03	2,03±0,97	1,64±0,97
b*	0,85±1,14	1,07±1,22	0,97±1,36

Table 2. pH and color values of the fish fillets

Linseed oil(1), Fish oil(2), Sunflower oil(3), Mean ± standard deviation(4)

Ha a vizsgált csoportokat ivar szerinti alcsoportokra osztjuk, érdekes különbségeket figyelhetünk meg. A lenolaj-kiegészítéssel takarmányozott halak esetében a tejes és ikrás egyedek a pH illetve az a és b értéket tekintve szignifikánsan különböztek. A halolaj kiegészítés etetése mellett a pH érték esetében adódott statisztikailag igazolható különbség az ivarok közt, míg a napraforgóolajjal kiegészített takarmányozás nem indukált eltéréseket a különböző ivarú halak filéi közt (3. táblázat).

3. táblázat

A halfilék pH értékének és színének átlagértékei csoporton belül

	Lenolaj (1)			Halolaj (2)			Napraforgóolaj (3)		
	tejes (4)	ikrás (5)	P	tejes	ikrás	P	tejes	ikrás	P
	átlag ± szórás (6)	átlag ± szórás	sig	átlag ± szórás	átlag ± szórás	sig	átlag ± szórás	átlag ± szórás	sig
pH 24h	6,21 ± 0,13	6,12 ± 0,09	0,037	6,3 ± 0,18	6,17 ± 0,08	0,016	6,16 ± 0,09	6,17 ± 0,11	N.S.
L	49,23 ± 4,5	51,02 ± 2,67	N.S.	50,79 ± 2,55	49,22 ± 2,57	N.S.	51,39 ± 1,97	50,71 ± 1,93	N.S.
a*	1,59 ± 1,1	2,22 ± 0,93	0,011	1,97 ± 0,74	2,05 ± 1,07	N.S.	1,54 ± 0,93	1,78 ± 1,05	N.S.
b*	0,234 ± 1,06	1,2 ± 1,05	0,002	0,92 ± 0,91	1,13 ± 1,34	N.S.	0,78 ± 1,12	1,26 ± 1,67	N.S.

Table 3. pH and color values of the fish fillets within groups

Linseed oil(1), Fish oil(2), Sunflower oil(3), Male(4), Female(5), Mean±standard deviation(6)

A lenolajos és a halolajos kiegészítés esetében, ahol szignifikáns különbség mutatható ki, a hím egyedek filéjének pH értéke szignifikánsan magasabb volt. Korábbi vizsgálatokban, pontyban (*Cyprinus carpio* L.) sikerült kimutatni hasonló jelenséget: a tejes egyedek filéjének pH (24h) értéke jelentősen meghaladta az ikrásokét (Varga és mtsai., 2010).

A tilápia filéjének színe általában a világosszürke és a fehér között mozog, azonban a filé felszínén és az oldalvonal környékén felhalmozódhat bizonyos mennyiségű vörös izom. Ez olyan mértékben sötétté teheti a filét, hogy a fogyasztók számára nem kívánttá válik a termék (Boyd, 2005). A kívánt szín elérése és megtartása céljából a halak vágása során szén-monoxidos eljárást alkalmaznak (Li és mtsai., 2008). Érdekes körülmény, hogy a szín-problematika ellenére elenyésző számú a fellelhető tudományos adat a különböző tilápia fajok filéjének színét illetően.

Esetünkben szembevetendő, hogy minden csoportban az ikrás egyedek filéjének a* és b* értéke bizonyult magasabbnak. Statisztikai különbség azonban csak a lenolajos tápot fogyasztó csoportban mutatkozott az ivarok között. A magasabb a* és b* érték a filék színének a vörös illetve a sárga szín felé való eltolódását jelzi. Saját korábbi munkánkban ponty esetében sikerült összefüggést kimutatni az ivar és a filék színe között. Az ivar mindhárom színparamétert (L, a* és b*) szignifikánsan befolyásolta (Varga és mtsai., 2010)

NIR spektrális alapú elkülöníthetőség

A különböző olaj-kiegészítéssel takarmányozott halak filéjének NIR alapú elkülöníthetőségére vonatkozó eredményeket a 4. táblázat tartalmazza. A teljes hullámhossztartományt (1100–2500 nm) felhasználva, a csoportok viszonylag nagy megbízhatósággal osztályozhatók. A legjobb eredmény a halolaj esetében tapasztalható, ezt követi a napraforgóolaj-kiegészítésű csoport. Legkisebb mértékben csoportba sorolhatók a lenolajos kiegészítéssel takarmányozott halak voltak. Érdekes módon osztályozási eredményeink alatta maradtak a Bázár (2008) által leírt csoportosíthatósági eredményeknek afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) esetén, ahol halolaj, lenolaj és szójaolaj kiegészítéssel takarmányozott halak 100%-os pontossággal csoportba sorolhatók voltak.

4. táblázat

A vizsgált halfilék NIR spektrumra alapozott osztályozása diszkriminancia-analízissel

	Lenolaj (1)	Halolaj (2)	Napraforgóolaj (3)
Összminta (4)	30	30	30
Kihagyott (5)	14	9	10
Osztályozott (6)	16	21	20
SEC (7)	0,28		
1-VR	0,14		
SECV (8)	0,14		

Table 4. NIRS-based classification of the fish fillets with discriminant analysis

Linseed oil(1), Fish oil(2), Sunflower oil(3), Total samples(4), Missed(5), Classified(6), Standard error of calibration(7), Standard error of cross-validation(8)

KÖVETKEZTETÉSEK

Az eltérő növényi olaj kiegészítés csak kis mértékben módosította a nílusi tilápia növekedését és a filéjének egyes minőségi tulajdonságait. Az ivarok közt azonban több különbséget is sikerült kimutatni a minőségi paraméterekben.

Ezek alapján elmondható, hogy a növényi olaj kiegészítés sikerrel alkalmazható a tilápia takarmányozásában, hiszen semmilyen jelentős eltérés nem volt tapasztalható a növekedési és a vizsgált minőségi tulajdonságokban, a halolaj-kiegészítésű takarmánnyal összevetve, annak ellenére, hogy közeli infravörös spektroszkópiás módszerrel a csoportok jól elkülöníthetők egymástól.

IRODALOM

- Bázár, Gy. (2008): Különböző takarmánykiegészítések hatásának NIR technikára alapozott nyomkövetése halfilében. XIV. Ifjúsági Tudományos Fórum, ápr. 3., Keszthely. CD-ROM.
- Biró J., Stettner G., Bázár Gy., Hancz Cs. (2008): Különböző olaj-kiegészítések hatása a tilápia főbb termelési és húsminőségi mutatóira. AWETH 4. 592-597.
- Biró, J., Hancz, Cs., Szabó A., Molnár, T. (2009): Effect of sex on the fillet quality of Nile tilapia fed varying lipid sources. Italian Journal of Animal Science. 8. 3. 225-227.
- Boyd, C.E. (2005): Farm-Level issues in aquaculture certification: Tilapia. Auburn, Alabama, USA.
- FAO (2013): Cultured aquatic species information programme. *Oreochromis niloticus*.
- Li, L., Hao, S., Diao, S., Cen, J., Yang, X., Shi, H., Chen, S. (2008): Proposed new color retention method for tilapia filets (*O. niloticus* x *O. aureus*) by euthanatizing with reduced carbon monoxide. Journal of Food Processing and Preservation. 32. 729-739.
- 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. Archiv für Tierzucht-Archives of Animal Breeding. 55. 194-205.
- Ng, W.K., Bahurmiz, O.M. (2009): The impact of dietary oil source and frozen storage on the physical, chemical and sensorial quality of filets from market-size red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp. Food Chemistry. 113. 1041-1048.
- Szabó, A., Mézes, M., Hancz, Cs., Molnár, T., Varga, D., Romvári, R., Fébel, H. (2011): Incorporation dynamics of dietary vegetable oil fatty acids into the triacylglycerols and phospholipids of tilapia (*Oreochromis niloticus*) tissues (fillet, liver, visceral fat and gonads). Aquaculture Nutrition. 17. e132-e147.
- Varga, D., Szabó, A., Romvári, R., Hancz, Cs. (2010): Comparative study of the meat quality of common carp strains harvested from different fish ponds. Acta Agraria Kaposváriensis. 14. 301-306.

Levelezési cím (*corresponding author*):

Varga Dániel

Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Környezettudományi és Természetvédelmi Intézet

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Environmental and Natural Conservation Sciences

7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

+36-82-505-800

e-mail: varga.daniel@ke.hu

Dió törtszem etetésének hatása a ponty filé (*Cyprinus carpio* L.) húsmínőségére, zsírsav összetételére és fogyasztói megítélésére

¹Varga D., Ifj. ²Horváth Z., ³Horváth Z.,
Andrássyné ¹Baka G., ¹Szabó A.

¹Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Környezettudományi és Természetvédelmi Intézet
7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

²Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Állattudományi és Állattenyésztési Tanszék
8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.

³H&H Carpio Halászati Kft.
7940 Szentlőrinc, Kodolányi J. u. 2/d

ÖSSZEFOGLALÁS

Kísérletünkben diófeldolgozó hulladékkal etetett pontyok minőségi tulajdonságait hasonlítottunk össze hagyományos gabonatakmányon nevelt pontyokéval. A vizsgálat során csoportonként 9 halat vizsgáltunk, meghatároztuk a filék konvencionális húsmínőségét, zsírsavprofilját, valamint fogyasztói megítélését. A csoportokat független kétmintás t-próbával összehasonlítva jelentős különbségeket találtunk. A dióval etetett halak filéjének víztartó képessége kedvezőbbnek bizonyult. A filé színében szignifikáns különbséget találtunk, a dió kiegészítéssel nevelt pontyok húsa sötétebb tónusú a megszokottnál. A zsírsavprofil meghatározása során szinte mindegyik egyedi zsírsav és származtatott zsírsav adat szignifikánsan különbözött a két csoportban. A dió jelentős mértékben csökkentette a telített, és növelte a többszörösen telítetlen zsírsavak arányát. Bár a dió jelentős n6 zsírsav forrás, az n6/n3 arány is jóval kedvező értéket mutat a szemesterményt fogyasztó halakkal szemben. A fogyasztói megítélés során a dióval etetett pontyok több tekintetben jobb pontszámot kaptak. A bírálók kevésbé zsírosnak, jobb ízűnek ítélték a diót fogyasztó halakat és az összbenyomás esetében is pozitívabban értékelték ezt a csoportot. Eredményeink alapján elmondható, hogy a dió takarmány etetés hatására keletkezett termék több szempontból egy magasabb értéket képviselhet a piacon a hagyományosan gabonával takarmányozott ponty húásával szemben.

(Kulcsszavak: ponty, diótakarmány, húsmínőség, zsírsavösszetétel, fogyasztói megítélés)

ABSTRACT

The effect of walnut feed on the carp's (*Cyprinus carpio* L.) meat quality, fatty acid composition and consumer perception

D. Varga¹, Z. Jr. Horváth², Z. Horváth³, G. Andrássyné Baka¹, A. Szabó¹

¹Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Environmental and Natural Conservation Sciences
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

²University of Pannonia, Georgikon Faculty, Department of Animal Science and Animal Husbandry
H-8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.

³H&H Carpio Fishfarming Ltd.
H-7940 Szentlőrinc, Kodolányi J. u. 2/d

In our experiment, we compared walnut processing waste fed carp with traditionally raised carp on grain from a meat quality aspect. Conventional meat quality parameters,

fillet fatty acid profile and consumer perception were determined in 9 fish from each group. Significant differences were found between the groups using independent samples t-test. The fish fed walnuts had better fillet water holding capacity. In the color of fillets significant differences were found. Walnut fed carp's meat was darker than normal. In the data of the fatty acid analysis we found significant differences not just by individual fatty acids, but also in the derived fatty acid data. The walnuts significantly reduced the level of the saturated fatty acids and increased the proportion of polyunsaturated fatty acids. Although walnut is a n6 fatty acid source, the n6/n3 ratio also shows a significantly positive value, than the grain fed fish. The consumer's perception of the walnut-fed carp in many respects got better score. The judges felt the meat of the walnut fed carp less greasy, than the other one and the overall impression were better, too. According to our results, by the effect of walnut diet the product can represent a higher value on the market, than the traditionally grain fed carp's meat.

(Keywords: common carp, walnut feed, meat quality, fatty acid profile, consumer perception)

BEVEZETÉS

Halak esetében a húsminőséget leginkább befolyásoló tényező a takarmányozás. Rosszul megválasztott takarmányozási protokoll eredményeként a halhús elzsírosodhat, kisebb táplálkozás-élettani értékű zsírsavak épülnek be. Ez ponty esetében a túlzott gabonatakararmányozásnál fordul elő (Trenovszki és mtsai., 2011).

Megfelelő takarmány megválasztásával és természetes táplálék fogyasztásával a zsírsavösszetétel és egyéb táplálkozásban fontos összetevők minősége javul. Mindezek mellett speciális takarmány kiegészítéssel a hal akár funkcionális élelmiszerré is válhat (Molnár és mtsai., 2011), ami például a takarmány zsírsavösszetételének módosításával (Szabó és mtsai., 2011) vagy más hozzáadott anyaggal (pl. szelén) (Molnár és mtsai., 2011) érhető el.

A magyarországi polikultúrák félintenzív pontytermelést takarmányozási szempontból a természetes táplálékokra alapozzák, melyet – tógazdaságonként változó arányban – kiegészítenek további takarmánnyal is. Ez elsősorban gabona eredetű, de előfordul olajos magvak (napraforgó, repce), vagy azok feldolgozási melléktermékének (olajpogácsa) kiegészítő etetése is. Növényi eredetű olaj-kiegészítés hatását elsősorban nagyobb értéket képviselő, intenzíven nevelt fajok esetében vizsgálták, főleg a halolaj kiváltásának céljából. Ponty esetében szűkösebbek az eredmények. Trenovszki és mtsai., (2011) szerint a napraforgómag etetése táplálkozás-élettani szempontból nagymértékben módosítja (n-6 zsírsav többletet előidézve) a ponty filéjének zsírsavösszetételét. Epler és mtsai. (2010) napraforgó- és lenolaj kiegészítés hatására a C:20 és C:22 zsírsavak arányának növekedését tapasztalták ponty filéjében.

Tekintettel arra, hogy ponty esetében ez idáig kevés eredmény jelent meg olajosmagvak etetésének húsminőségre gyakorolt hatásai témájában, indokoltnak tűnt kísérletünk elvégzése. Így vizsgálatunk célja a dió (*Juglans regia*), mint magas olajtartalmú takarmány a húsminőségre, a filé zsírsavösszetételére, valamint a fogyasztói megítélésre gyakorolt hatásának vizsgálata volt, melyet, tudtunkkal ponty esetében még nem vizsgáltak.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Halak, takarmányozás

A halakat 6 db 100 m² telelőtóban neveltük. A szezon elején minden telelőbe 100 db egygyaras, egyenként 200-300 gramm közötti élősúlyú pontyot helyeztünk. Az etetés hagyományos tógazdasági módszerrel történt naponta egy adagban etetőbójánál. Minden etetés előtt kutató hálóval felmértük, az előző napi takarmányfogyasztást, és ennek függvényében alakítottuk ki a napi takarmányadagot. Az etetés a hajnali órákban történt. 3 tóban a takarmányozás kizárólag dióval történt (dió feldolgozóüzemi törtszemmel, melynek élelmiszeripari feldolgozása már nem volt lehetséges), míg a másik háromban az éppen aratási időnek megfelelően beszerezhető gabona takarmányt ettünk: nyár elején előző évi kukorica, nyár közepén-végén búza és tritikálé, és végül ismét kukorica. A halak lehalászására októberben került sor. Lehalászáskor a halak súlya a diós takarmányozás mellett átlag 2250 g-os volt, míg a gabonatakarmanyozas mellett átlagosan 1850 g élősúlyt értek el. A minta egyedeket lehalászáskor választottuk, tavanként 3 egyed. Így az össz mintaszám: 2 kezelés x 9 egyed = 18.

Húsvizsgálat módszertana

A halakat fejre mért erőteljes ütés után dolgoztuk fel. Első lépésben a frissen vágott halak filéjének pH-ját (Testo 205 pH mérő, post mortem 24 óra után) határoztuk meg. Ezután a filé víztartó képességét jellemeztük annak csepegési (24 h/4°C), főzési (20 perc/75 °C) és felengedetési (fagyasztás 1 hét/-20°C) veszteségének megadásával. Utóbbi eredményeket a bemért mintatömeg százalékában adtuk meg. A halhús színét CIE Lab rendszerben rögzítettük (Minolta ChromaMeter CR-300).

Filé zsírsav-összetételi vizsgálat

A filék és a diótakarmány összlipid tartalmát *Folch és mtsai.* (1957) szerint vontuk ki, a zsírsav-metilészter származékképzés NaOCH₃ segítségével történt. A gázkromatográfias mérés SP-2380 típusú kapillaris oszloppal (30 mx 0,25 mm ID, 0,20 mikrométer film, 24110-U, Supelco, USA) és lángionizációs detektorral (FID 2 × 10⁻¹¹) felszerelt Shimadzu 2100 készülékkel történt. Jellemző működési beállítások a következők voltak: injektor hőmérséklete: 270 ° C, detektor hőmérséklete: 300 ° C, hélium áram: 28 cm / sec. A fűtő hőmérséklete: 80-205 ° C: 2,5 ° C / perc, 5 perc 205 ° C, 205-250 ° C-10 ° C / perc, 5 perc 250 ° C-on. Az egyes zsírsavak azonosításához zsírsav standardot (Mixture ME100 (90-1100, Larodan Fine Chemicals AB, Svédország)) használtunk.

Fogyasztói érzékszervi bírálat

A Magyar Szabványnak (MSZ7304/2-77) megfelelő előkészítő helyiségben a bőr nélküli filéket feldaraboltuk, majd 10%-os töménységű sóoldatban pácoltuk 4 h időtartamig. A mintákat ezután hőkezeltük. Ezt követően 15 egyetemi hallgató minősítette a minták érzékszervi tulajdonságait teljeskörű profilanalízis keretében (szín, íz, illat és állomány).

A bírálók a tulajdonságokat 10-es, úgynevezett strukturálatlan skálán differenciálták.

Statisztikai értékelés

Az alapadatokat SPSS for Widows 10 (1999) statisztikai programmal értékeltük. A kétszeres szórástávolságon kívüli adatok kizárása után független kétmintás t-próbát alkalmaztunk az eltérően takarmányozott halak húsminőségének és zsírsavprofiljának

összehasonlítására. A fogyasztói megítélés értékelését PanelCheck v.1.4.0. (2010) statisztikai programmal végeztük.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Húsminőség

A gabonatakarmányon és diótakarmányon nevelt pontyok összehasonlító húsminőségi adatait az 1. táblázat tartalmazza. Bár a legtöbb tulajdonság különbözőnek tűnt, ezt statisztikailag csak az L* színparaméter tekintetében sikerült igazolni.

A halfilé *post mortem* 24 órákor mért pH értékei lényegében nem különböztek.

A halhús víztartó képességét annak csepegési-, főzési-, és felengedettési veszteségével kívántuk jellemezni. A gabonán nevelt halak filéjének víztartó képessége minden esetben kisebbnek bizonyult, mindegyik több vizet veszített a diót fogyasztó halakkal szemben.

Az intracelluláris víz vesztesét az izomsejtekből az izomrostok összehúzódása okozza a *rigor mortis* kialakulása során. A folyamat során az izomrost fehérje-összetevői degradálódnak, ám a szarkolemma és a szarkoplazmás retikulum részleges károsodásával is számolni kell. *Faconneau és mtsai.* (1995) szerint ezek az események a rigor kialakulása utáni pár órában lezajlanak. Ennek a természetes folyamatnak a mértéke a hús spontán csepegésével (*Honikel*, 1998) mérhető. Az vizsgált ponty filékben a csepegési veszteség 2,18 és 2,64% volt.

1. táblázat

A dióval és gabonával takarmányozott pontyok húsminősége

Minőségi tulajdonságok (3)	Dió (1)	Gabona (2)
	átlag ± szórás (4)	átlag ± szórás
pH 24h	6,89 ± 0,13	6,81 ± 0,04
Csepegési veszteség (%) (5)	2,18 ± 0,36	2,64 ± 0,38
Főzési veszteség (%) (6)	17,25 ± 6,8	18,56 ± 5,86
Felengedettési veszteség (%) (7)	4,12 ± 2,71	4,53 ± 1,1
L	42,87 ± 1,69^a	47,91 ± 2,5^b
a	2,13 ± 0,72	1,1 ± 1,38
b	0,17 ± 0,56	0,22 ± 1,25

Table 1. *Flesh quality of the walnut and grain fed fishes*

Walnut(1), grain(2), quality parameters(3), mean ± standard deviation(4), dripping loss(5), cooking loss(6), thawing loss(7)

Az intracelluláris folyadék vesztesége történhet valamilyen behatásra is, mint például a fagyasztás, és az azt követő felolvadás. A fagyasztás hatására a sejtmembránok megsérülnek, ugyanúgy, mint a Z-vonal és a harántcsíkolatos struktúra (*Takahashi és mtsai.*, 1993). Ez a folyamat összefüggésben van a Ca-ionok koncentrációjával a miofibrillumok környékén, és így a további összehúzódás miatt folyadék áramlik ki a

sérült membránstruktúráján. Kísérletünkben a felengedetési veszteség a hagyományosan takarmányozott csoportban magasabbnak bizonyult.

A színösszetevőkben lényegesebb különbségeket sikerült kimutatni a csoportok között. A dióval etetett halak hújának színe jóval sötétebb tónusú a másikkal szemben. Ez az L* értéken is látszik, mely szignifikánsan alacsonyabb lett ebben a csoportban. Az a* és b* alacsonyabb értéke is a diótakarmányon nevelt halak filéjének sötétebb mivoltát tükrözi. *Varga és mtsai.* (2010) tógazdasági pontyok hújának színét vizsgálva az L* érték tekintetében a gabonát fogyasztó csoporthoz hasonló eredményeket kaptak, mivel az általuk vizsgált halakat is főként gabonán nevelték. A másik két színkomponensnél magasabb értékeket kaptak az általuk vizsgált ponty fajtákban.

Zsírsv-összetétel

A dió törtszem etetése a kukorica-etetéssel összevetve drasztikusan módosította a filé teljes zsírsvprofilját. Gyakorlatilag nem volt olyan zsírsv, ami a két csoportban egyezést mutatott kétmintás független t-próbával összevetve a csoportokat, csupán 3 jelentéktelen esetben volt ilyesmi: laurinsav (C12:0), dihomó-gamma linolénsav (C18:3 n6) és behénsav (C22:0). Mindhárom részaránya igen alacsony, ezek táplálkozásélettani jelentősége csekély.

A dió etetés durván negyedére csökkentette az egyszeresen telítetlen olajsav (C18:1 n9) arányát, míg kb. 5x-ös emelkedést váltott ki a linolsav (C18:2 n6) esetében. Ezek nem kifejezetten kedvező változások, mert az olajsav kedvező hatású a humán élelmezés szempontjából, n6 zsírsvból pedig leginkább túlzott bevitel jelentkezik. Kifejezetten kedvezően befolyásolta viszont az n3 zsírsvak arányát, mind az egyedi alkotókat tekintve (EPA (C20:5 n3), DPA (C22.5 n3), DHA (C22:6 n3)), mind pedig az összes n3 arányt nézve, melyet közel tízszeresére emelt a dió etetés, a gabonával takarmányozott csoport adataihoz képest. Az összes telítettséget kb. felére módosította (miután 76% többszörösen telítetlen zsírsvat tartalmaz a dióolaj), de fontos megjegyezni, hogy az n6 csoport arányát is megközelítőleg négyszer magasabbra emelte a diómag. Az n6/n3 arányt kedvező irányba módosította, a kívánatos 4-es érték alá, míg az átlagos zsírsv lánchosszt megnövelte. Az n3 zsírsvak arányát erősebben emelte a dió, mint az n6 csoportét, ez vezetett a két csoport arányának kifejezetten kedvező változásához. Az UI érték (unsaturation index, a 100 zsírsvláncban található kettős kötések száma) kétszeresére nőtt a dió-etetés hatására.

Összességében megfigyelhető, hogy a vizsgált fokozottan telítetlen olajforrás nagyban növelte a pontyhús lipidjeinek biológiai értékét, mind az n6, mind pedig az n3 csoportbeli savak aránya jelentősen nőtt. Az n3 csoportbeli zsírsvak kifejezetten feldúsultak a húsban, így ez magasabb táplálkozásbiológiai értéket képvisel. Ez a dió etetés mellett azonban nem meglepő: az 76% többszörösen telítetlen zsírsvat tartalmazott, melynek 10%-a n3 típusú volt. Kedvezőtlen vagy nem kifejezetten előnyös változás az olajsav csökkenése és az összes n6 zsírsv arányának emelkedése. Érdemes átgondolni azonban, hogy az „értéknövelt” pontyhús összességében milyen mértékben járul hozzá a teljes humán zsírsvellátáshoz, az eredmények ennek tükrében értelmezendők.

2. táblázat

A dióval és gabonával takarmányozott pontyok filéjének, valamint a diótakarmány zsírsavprofilja

	Filé zsírsavprofil (1)			Takarmány (2)
	Dió (3)	Gabona (4)		Dió (5)
Zsírsav (6)	átlag ± szórás (7)	átlag ± szórás	sig. (8)	átlag
C12:0	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,18429 ns	0,03
C14:0	0,63 ± 0,14	0,90 ± 0,07	0,01428	0,00
C14:1	0,02 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,00002	0,00
C15:0	0,35 ± 0,08	0,10 ± 0,02	0,00091	0,01
C16:0	10,60 ± 1,51	22,11 ± 1,31	0,00003	7,60
C16:1	2,79 ± 0,96	10,85 ± 0,90	0,00002	0,10
C17:0	0,40 ± 0,09	0,12 ± 0,03	0,00114	0,06
C18:0	3,44 ± 0,56	6,40 ± 0,44	0,00016	2,09
C18:1n-9c	13,22 ± 1,36	42,96 ± 4,76	0,00002	13,71
C18:2n-6c	47,92 ± 5,85	8,91 ± 1,79	0,00001	65,46
C18:3n-6	0,37 ± 0,06	0,36 ± 0,07	0,79617 ns	0,01
C18:3 n3	10,27 ± 0,87	0,65 ± 0,26	0,00000	10,56
C20:0	0,10 ± 0,02	0,10 ± 0,01	0,76144 ns	0,09
C20:1n-9	0,79 ± 0,19	3,52 ± 0,33	0,00001	0,20
C20:2n-6	0,83 ± 0,04	0,29 ± 0,06	0,00001	0,03
C20:3n-3	0,38 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,0000002	0,00
C20:3n-6	0,66 ± 0,03	0,47 ± 0,06	0,00133	0,00
C20:4n-6	2,03 ± 0,60	1,09 ± 0,29	0,03013	0,00
C20:5n-3 EPA	2,38 ± 0,65	0,30 ± 0,20	0,00091	0,00
C22:0	0,03 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,00056	0,03
C22:5n-3 DPA	0,86 ± 0,18	0,13 ± 0,08	0,00036	0,00
C22:6n-3 DHA	1,89 ± 0,38	0,56 ± 0,28	0,00130	0,00
Monoén (9)	16,81 ± 2,48	57,42 ± 4,29	0,0000033	14,02
Telített (10)	15,59 ± 2,38	29,78 ± 1,67	0,00007	9,93
Telítetlen (11)	84,41 ± 2,39	70,22 ± 1,67	0,00007	90,07
PUFA	67,60 ± 4,84	12,80 ± 2,99	0,0000013	76,06
n3	15,78 ± 0,79	1,68 ± 0,82	0,0000003	10,56
n6	51,83 ± 5,27	11,12 ± 2,20	0,00001	65,50
n6/n3	3,30 ± 0,46	7,36 ± 2,03	0,00791	6,21
Átlagos láncossz (12)	17,94 ± 0,02	17,44 ± 0,03	0,0000002	17,85
Telítetlenségi index (13)	177,46 ± 5,36	89,42 ± 4,06	0,0000002	176,70

Table 2. Fatty acid profile of the fishes and the walnut feed

Fillet fatty acid profile (1), Feed(2), Walnut(3), Grain(4), Walnut(5), Fatty acid(6), Mean ± standard deviation(7), Significance(8), Monoene(9), Saturated(10), Unsaturated(11), FA chain length(12), Unsaturation index(13)

Fogyasztói megítélés

A panaszt során kapott eredményeinket, melyben az eltérően takarmányozott pontyok fogyasztói fogadtatását kívántuk vizsgálni, az 1. ábra mutatja.

1. ábra

A pontyok húsának fogyasztói megítélése (kék: gabonatakarmány; sárga: diótakarmány)

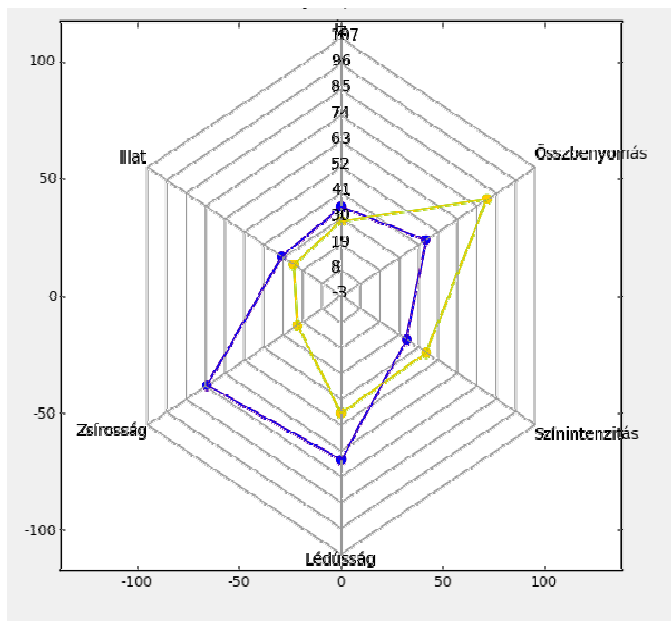


Figure 1. Consumer perception of the fish groups (blue: grain feed, yellow: walnut feed)

Illat (odor), Íz (taste), Összbenyomás (overall impression) Színintenzitás (color intensity) Lédúság (juiciness) zsírosság (fatness)

A bírálók a legnagyobb különbséget a zsírosságban találták a két csoport között, melyet statisztikailag is sikerült igazolni (2. ábra). A gabonán nevelt halakat jóval zsírosabbnak ítélték, mint a diós csoportot. Bár a zsírtartalom kvantitatív meghatározása nem történt meg a kísérlet során, a zsírsav meghatározáshoz szükséges extrakció során feltűnően magasabb volt a gabonán nevelt csoport egyedjeinek filé zsírtartalma. Az a tény, hogy a bírálók a gabonás csoportot lédúsabbnak találták, valószínűsíthetően a zsírtartalommal függ össze.

A műszeres mérés során jelentős különbséget találtunk a két csoport színe között. Ez azonban nem tükröződött a fogyasztói bírálatban, nem volt kimutatható különbség a halak húsának színében. Ennek oka lehet a hőkezelés, mely során a fehérjék kicsapódtak, ami „elmosta” a különbségeket.

Illat és íz szempontjából sem derült ki jelentős eltérés a csoportok között. Egyik tulajdonságban sem volt érezhető a dióra jellemző aroma a bírálók számára.

Az összbenyomás értékelésénél azonban szignifikáns különbség volt az eltérően takarmányozott halak között. A dión nevelt halak húsát összességében (íz, illat, szín és állag tekintetében) jobbnak találták az érzékszervi panel tagjai.

2. ábra

A dióval és gabonával takarmányozott pontyok minőségi tulajdonságai közötti különbség

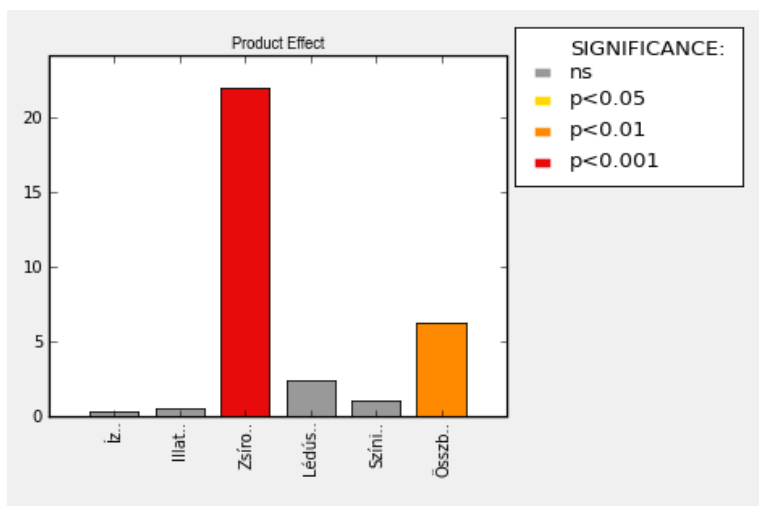


Figure 2. Difference between the studied parameters of walnut and grain fed carps

Illat (odor), Íz (taste), Összbenyomás (overall impression) Színintéztás (color intensity) Lédúság (juiciness) zsírosság (fatness)

KÖVETKEZTETÉSEK

Eredményeink alapján elmondható, hogy a dió takarmány etetés hatására keletkezett termék több szempontból magasabb értéket képviselhet a piacon a hagyományosan gabonával takarmányozott ponty húásával szemben.

A fogyasztói megítélés szempontjából előnyösebbé vált a termék, mivel a panelteszt eredményei alapján, a dión nevelt ponty húását kevésbé zsírosnak ítélték a bírálók, illetve az összbenyomás tekintetében is előnyösebb lett a termék.

A dión nevelt ponty előnyös tulajdonságait és a dió takarmány limitált hozzáférhetőségét számba véve ez a dión nevelt pontyhús nem tud tömegtermékké válni, inkább egy ínycsiklós, prémium termékként kerülhet a piacra, melynek összetételéről és minőségéről munkánk révén kissé többet tudunk meg.

IRODALOM

- Epler, P., Borowiec, F., Sokolowska-Mikolajcik, M., Górka, P. (2010): Effect of feeding sunflower and linseed oil in pelleted mixtures on chemical composition of carp meat and fatty acid profile, *AAFL Bioflux*, 3. 43-50.
- Fauconneau, B., Alami-Durante, H., Laroche, M., Marcel, M., Vallot, D. (1995): Growth and meat quality relations in carp, *Aquaculture*, 129. 265-297.

- Folch, J. M., Lees, M., Sloane-Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226. 495-509.
- Honikel, K.O. (1998): Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.*, 49. 447-457.
- Körmendi S., Boros A. (2010): Hidrobiológiai és haltakarmányozási vizsgálatok a nagyatád-simongáti halastórendszerben, különös tekintettel a konzervgyári melléktermékek hasznosítására. *Halászati Tudományos Tanácskozás. Szarvas.* 41.
- Magyar Szabvány (MSZ7304/2-77)
- Molnár T., Bíró J., Horváth Z., Hancz Cs. (2011). Afrikai harcán és tilápián végzett takarmányozási vizsgálatok funkcionális élelmiszer előállítására céljából. *Halászati Tudományos Tanácskozás. Szarvas* 37.
- PanelCheck v.1.4.0. (2010) Research Council of Norway
- SPSS 10 for Windows (1999). SPSS Inc. Chicago, IL, USA
- Szabó, A., Mézes, M., Hancz, C., Molnár, T., Varga, D., Romvári, R., Fébel, H. (2011). Incorporation dynamics of dietary vegetable oil fatty acid into the triacylglycerols and phospholipids of tilapia (*Oreochromis niloticus*) tissues (fillet, liver, visceral fat and gonads). *Aquaculture Nutrition.* 17. e132-e147.
- Takahashi, K., Inoue, N., Shinano, H. (1993). Effect of storage temperature on freeze denaturation of carp miofibrils with KCl and NaCl. *Nippon Suisan Gakkaishi.* 59. 519-527.
- Trenovszki, M.M., Lebovics, V.K., Müller, T., Szabó, T., Hegyi, Á., Urbányi, B., Horváth, L., Lugasi, A. (2011). Survey of fatty acid profile and lipid peroxidation characteristics in common carp (*Cyprinus carpio* L.) meat taken from five Hungarian fish farms. *Acta Alimentaria,* 40. 153-164.
- Varga, D., Szabó, A., Romvári, R., Hancz, Cs. (2010): Comparative study of the meat quality of common carp strains harvested from different fish ponds. *Acta Agraria Kaposvariensis.* 14. 301-306.

Levelezési cím (*corresponding author*):

Varga Dániel

Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Környezettudományi és Természetvédelmi Intézet

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Environmental and Natural Conservation Sciences

7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

+36-82-505-800

e-mail: varga.daniel@ke.hu

Effect of different vegetable oils on the body composition of pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) under intensive culture conditions

T. Molnár¹, G. Szabó², A. Szabó³, A. Csuvár¹, Cs. Hancz¹

¹Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Environmental and Natural Conservation Sciences

H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

²Agricultural and Rural Development Agency
Budapest, PO Box 62.

³Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Food and Agricultural Product Qualification

H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

ABSTRACT

*The aim of this study was to evaluate the effects of the different vegetable oils on the body composition of pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)). Fish of 27.88 ± 7.97 g body weight and 135.83 ± 11.99 mm (mean \pm SD; n=60) standard body length were introduced into 65 L aquaria, working in a recirculation system. Three experimental diets containing different vegetable oils were fed. Basic feed (60 g kg⁻¹ lipid content) was complemented with vegetable oils (soybean oil (So), rapeseed oil (Ra), and sunflower oil (Su)) that resulted 110 g kg⁻¹ crude fat content, in average. Body composition and the fillet fatty acid profile were determined at the end of the 6 weeks experimental period. Control group fed on the basic feed had significantly lower dry matter and lipid content than fish consuming oil complemented feeds. Fatty acid profile of the fish fillets changed according to the lipid composition of the experimental diets. The proportion of palmitic acid (C16:0) decreased, while the ratio of oleic acid (C18:1n-9) has increased significantly in the fish fillets in group Ra compared to the control group. The ratio of linoleic acid (C18:2n-6; feed Ra) and α -linolenic acid (C18:3n-3; feed Ra and So) showed also significant increases while the level of arachidonic acid (C20:4n-6) decreased significantly in all of the treated groups. The ratio of DPA (C22:5n-3) changed in groups Ra and Su significantly. The ratio of n3 fatty acids was found to be the highest in the Su group while group So had the highest n6 levels. Rapeseed oil induced the highest n9 fatty acid ratio in the fish fillet. As compared to the initial value all of the treatments produced a decreased n3/n6 values.*

(Keywords: fatty acid profile, fillet composition, pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), vegetable oil)

ÖSSZEFOGLALÁS

Az eltérő növényi olajok hatása az intenzíven nevelt süllő (*Sander lucioperca* (L.)) testösszetételére

¹Molnár T., ²Szabó G., ³Szabó A., ¹Csuvár A., ¹Hancz Cs.

¹Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Környezettudományi és Természetvédelmi Intézet
7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

²Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Hivatal
1385 Budapest, Pf. 62.

³Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Élelmiszer- és Mezőgazdasági Termék Minősítő Intézet
7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

A kísérlet célja a különféle növényi olajok süllő (*Sander lucioperca* (L.)) testösszetételére kifejtett hatásának vizsgálata volt. A $27,88 \pm 7,97$ g tömegű és $135,83 \pm 11,99$ mm (átlag \pm SD; $n=60$) standard testhosszú halakat 65 literes recirkulációs rendszerben működő akváriumokba telepítettük fel és három különböző növényi olajokat tartalmazó kísérleti tápot fogyasztottak. Ezek egy alaptakarmány (6%-os zsírtartalommal) növényi olajos (szója olaj (So), repce olaj (Ra), és napraforgó olaj (Su)) kiegészítésével készültek (11%-os átlagos nyerszsír tartalommal). A 6 hetes kísérlet végén meghatároztuk a testösszetételt és a zsírsavösszetételt. A kontrol csoport mely az alaptakarmányt fogyasztotta jelentősen alacsonyabb szárazanyag és zsírtartalmat mutatott, mint a kezelt csoportok. A hal filé zsírsav összetétele a kísérleti takarmányok zsírsavösszetételének megfelelően alakult. A palmitinsav (C16:0) részaránya csökkent, míg az olajsavé (C18:1n-9) szignifikánsan nőtt a repce olajos (Ra) csoport filéjében a kontrolhoz viszonyítva. A linolsav (C18:2n-6; repceolajos takarmány Ra) és α -linolénsav (C18:3n-3; repce és szójaolajos, Ra és So takarmányok) aránya szintén növekedést mutatott, míg az arachidonsav (C20:4n-6) jelentősen csökkent az összes kezelt csoportban. A DPA (C22:5n-3) aránya a repceolajos (Ra) és napraforgó-olajos (Su) csoportokban változott szignifikánsan. Az n3 zsírsavak aránya a legmagasabb a napraforgó-olajos (Su), míg az n6 zsírsavak aránya a szójaolajos (So) csoportban volt. A legmagasabb n9 zsírsav arányt a repceolaj alakította ki a filében. A kezdeti értékhez képest az összes kezelés csökkentette az n3/n6 arányt a filében.

(Kulcsszavak: zsírsav profil, file összetétel, süllő, *Sander lucioperca* (L.), növényi olaj)

INTRODUCTION

Pikeperch, *Sander lucioperca* (L.) is a well-known and highly evaluated predator fish of the European pond fish culture. This species can be sold at high prices on the markets but increasing of its production is hindered by the lack of an effective intensive breeding and on-growing technology. Former investigations (Ruuhijarvi et al., 1991; Baer et al., 2001) proved that pikeperch fingerlings can be trained to accept formulated feed by gradual substitution of natural food sources with artificial diets. In most cases trout pellet with 200–300 g kg⁻¹ fat content was used (Alsted et al., 1995). This fat content proved to be high (Kestemont et al., 2001) and the optimal level could be determined between 100–120 g kg⁻¹ (Zakes et al., 2004). Zakes (2003) also demonstrated that the level of daily feed ration affects the body composition of pikeperch. The highest body fat content was found in the group fed the highest daily ration.

Examining several predator fishes Nettleton (2000) concluded that the cultured and wild fish show differences in the ratio of polyunsaturated fatty acids and also in the

n3 fatty acid levels. *Farkas and Herodek* (1967) defined that the fatty acid composition of the lipids is determined by the production of the polyunsaturated fatty acids in the lower level of the food chain, and also the “dilution” with endogenous fatty acids affects the profile. The fatty acid composition of the fish body never corresponds to the feed FA composition since it contains the fatty acids *de novo* synthesized or modified in the liver by desaturation or elongation. This latter modification is especially characteristic to the phospholipids fraction, which generally contains higher proportion of the PUFA than the triglycerides (*Henderson and Tocher*, 1987). Radioisotope examinations determined the way of the elongation and desaturation in the n9, n3, n6 fatty acids originated from the feed (*Greene and Selivonchick*, 1987).

In the last decade several studies were carried out to examine the fatty acid profile of the fish fillet using different oil sources in the formulated feeds. In case of the most investigated fish, the Atlantic salmon (*Salmo salar* (L.)), the oil sources were sunflower oil (*Brandsen et al.*, 2003), rapeseed oil (*Rennie et al.*, 2005) and linseed oil (*Bell et al.*, 2004). The body composition of pikeperch was studied by *Schulz et al.* (2005) using fish oil, linseed oil and soybean oil in the feeds and by *Molnár et al.* (2006) who compared the fish oil to the linseed oil in the diet.

Generally, the fat content of the fish feeds originates from fish oil; however, this fat source is getting more and more expensive and has more limited availability than the vegetable oils. The aim of our investigation was to determine the changes in the body composition, especially in the fatty acid profile of the juvenile pikeperch fed formulated feeds with vegetable oil replacements.

MATERIALS AND METHODS

Experimental fish

The training of the pikeperch to accept formulated feed was carried out in the Fish Laboratory of the Agricultural Faculty of the Pannon University (Keszthely, Hungary) where the fish was reared in an aquaria-system working in recirculation system. At this period the fish was feeding with trout pellet containing 450 g kg⁻¹ crude protein and 115 g kg⁻¹ crude fat. Fish at the age of 6 months were transported to the Fish Laboratory of the Kaposvár University and introduced to aquaria working in a recirculation system. Due to the handling stress at transport and the transition to the basic feed (containing no added oil), a period of four weeks was introduced before the feeding trial. The average initial bodyweight of the pikeperch was 27.88±7.97 g (mean±SD; n=60), and the standard body length was 135.83±11.99 mm (mean±SD; n=60). The average fish biomass aquarium⁻¹ was 139.38±4.22 g (mean±SD, n=12). The initial condition factor was 1.08±0.06.

Experimental conditions and measurements

The experiment lasted for 6 weeks. Altogether 60 fish were introduced to 65 l (33 x 30 x 60 cm) aquaria, stocking 5 fish aquarium⁻¹. The mean stocking density was 2.1 g l⁻¹ in the experiment. Individually aerated aquaria worked in a recirculation system. This system had a total volume of 2500 l attached to a simple bio filter unit and a 200-l settling tank from where the water is pumped back to the fish-keeping units. The daily water replacement rate was about 5% of the total volume. The water flow rate was adjusted to 1.5 l min⁻¹ in aquaria. Water temperature was measured daily over the 42-day rearing interval with laboratory thermometer (±0.1 °C). Dissolved oxygen (HI 93732 N Spectrophotometer, Instruments Deutschland GmbH., Germany), pH (Watercheck pH

and EC Meter, Hanna Instruments Deutschland GmbH., Germany). Nitrite, nitrate, total ammonia nitrogen (TAN) and phosphate levels were measured weekly photometric method (Filter Photometer pF-10, Macherey-Nagel GmbH. & Co., Germany). The temperature was 19.95 ± 1.07 °C (means \pm SD, n=42) and the pH changed between 7.7–7.9 during the experiment. The O₂, NO₂-N, NO₃-N, TAN and PO₄-P content of the water in the rearing system (average of the inflow and outflow water) were 8.2 ± 0.97 mg l⁻¹, 0.09 ± 0.02 mg l⁻¹, 6.39 ± 1.73 mg l⁻¹, 0.26 ± 0.65 mg l⁻¹ and 2.68 ± 0.75 mg l⁻¹ (n=6), respectively. The photoperiod was as follows: 12 hours low light intensity (25 lux at the water surface) and 12 hours of total darkness.

Four aquariums were randomly assigned to each treatment. A basic feed containing 60 g kg⁻¹ fat (originated from the components; mainly fish oil) was completed with the following vegetable oils: soybean-oil (So), rapeseed-oil (Ra), sunflower-oil (Su) that resulted approximately 110 g fat kg⁻¹ feed. All of the feed used in our experiment were prepared in a fish feed producer factory. The chemical composition of the experimental feeds is shown in *Table 1*. The 3 mm pellets were offered once a day manually, always at the same time (10 a.m.) until satiation. Daily feed consumption was later calculated and proved to be around 2% of the fish biomass.

Table 1
Chemical and fatty acid composition of the experimental diets

Parameters (1)	Treatment (2)			
	Basic (control)(3)	Ra	Su	So
Dry matter (g kg ⁻¹) (4)	891.9	897.8	894.4	898.2
Crude protein (g kg ⁻¹) (5)	419.4	399.4	406.3	409.8
Crude fat (g kg ⁻¹) (6)	59.3	102.3	106.9	107.9
Crude fiber (g kg ⁻¹) (7)	20.4	19.9	20.8	18.1
Crude ash (g kg ⁻¹) (8)	93.0	90.0	90.4	89.4
Fatty acid composition (g kg⁻¹) of the total fatty acids (9)				
C10:0	0.2	0.1	0.0	0.1
C12:0	0.5	0.3	0.3	0.3
C14:0	24.4	15.5	13.9	14.2
C14:1n-5	0.2	0.1	0.1	0.1
C15:0	2.3	1.5	1.3	1.3
C16:0	166.6	112.9	111.3	130.8
C16:1n-7	37.4	23.2	20.8	21.5
C17:0	3.2	2.2	1.9	2.2
C17:1n-7	5.6	3.3	2.9	3.1
C18:0	50.4	33.8	43.7	46.8
C18:1n-9	156.6	333.9	178.1	195.1
C18:1n-7	24.6	29.4	14.8	19.6
C18:2n-6t	1.1	0.7	0.8	0.6
C18:2n-6c	222.2	200.5	427.5	352.0
C18:3n-6	1.0	0.6	0.6	0.6
C18:3n-3	22.2	47.4	13.6	47.0
C20:0	2.6	4.4	2.8	3.9
C20:1n-9c	20.7	22.6	11.2	12.0
C20:2	3.3	2.4	1.7	2.0
C20:3n-3	1.3	0.9	0.7	0.7
C20:3n-6	1.7	1.1	0.9	1.0

Table 1 (continued)

C20:4n-6 (AA)	9.2	5.7	5.0	4.9
C20:5n-3 (EPA)	97.0	63.3	56.6	56.2
C22:0	2.9	3.4	5.5	4.4
C22:1n-9	3.2	3.2	1.6	1.9
C22:5 (DPA)	13.7	8.5	7.9	7.6
C22:6n-3 (DHA)	114.5	70.7	66.5	61.9
C24:0	3.1	2.4	2.9	2.4
C24:1n-9	8.3	5.9	5.0	5.8
Σ SFA	256.2	183.6	176.6	275.5
Σ MUFA	256.6	234.5	421.5	245.2
Σ PUFA	487.1	581.8	401.8	479.1
Σ n3	235.0	182.3	137.4	165.8
Σ n6	226.0	202.9	429.8	354.2
Σ n9	188.8	365.6	195.9	214.8
n3/n6	1.03	0.90	0.32	0.47
DHA/DPA	8.36	8.32	8.42	8.14
DHA/EPA	1.18	1.12	1.17	1.10
DHA/ C18:3n-6c	114.5	117.8	110.8	103.2
AA/ C18:2n-6c	0.04	0.03	0.01	0.01
Chain length (10)	18.35	18.24	18.19	18.14
Unsaturation index* (11)	206.6	159.8	207.0	181.2

*Unsaturation index: $1 \times \Sigma \text{ monoenoic} + 2 \times \Sigma \text{ dienoic} + 3 \times \Sigma \text{ trienoic} \dots$ (12)

1. táblázat: A kísérleti takarmányok kémiai és zsírsav összetétele

Paraméter (1), Kezelés (2), Alap (Kontrol)(3), Szárazanyag (4), nyers fehérje (5), nyerszsír (6), nyers rost (7), hamu (8), zsírsav összetétel a teljes zsírsav százalékában (9), lánchossz (10), Telítetlenségi Index (11), Telítetlenségi Index: $1 \times \Sigma \text{ monoén} + 2 \times \Sigma \text{ dién} + 3 \times \Sigma \text{ trién} \dots$ (12)

Fish measurements

At the beginning and at the end of the experiment standard body length (± 1 mm) and live body weight (± 0.01 g) was measured individually. Condition factor was calculated as $K = W L^{-3} \times 100$ where W is live weight (g) and L is standard length (cm). Daily feed consumption was measured per aquarium and feed conversion ratio was calculated by dividing the weight of dry food fed by the gain as wet fish weight for the total period. The leftover feed was siphoned out, filtered, blotted and weighed before the next feeding.

Sampling and chemical analysis

Three randomly chosen fish (fed for four weeks with the basal diet containing 60 g kg^{-1} crude fat) were sacrificed in the beginning of experiment and served as controls for body and fillet composition investigations. At the end of the trial three fish in each treatment were over-anaesthetised with clove oil (dose 0.025 mL L^{-1} , 2 min). Fish were dissected and approximately 3 g fillet samples originated from the dorsal part of the fish were taken for the analysis of fatty acid composition. Samples were immediately frozen to -70 °C and stored until analysis. The remaining part of the body was homogenized and subjected to chemical body analysis. Dry matter content was determined after drying

samples in a vacuum oven at 50 °C and a vacuum of 13.3 kPa, using anhydrous calcium chloride as the drying agent. After 16 h, the vacuum was changed to 0.2 kPa and the samples were weighed every 4 h until they reached constant weight. Nitrogen content was determined in the fresh samples by Kjeldahl analysis according to ISO 5983 (ISO, 1997). The crude fat content was determined by extraction of freeze-dried samples with petroleum-ether and drying the extract at 103 °C to a constant weight according to ISO 6492 (ISO, 1985). Ash was analysed by burning oven-dried samples in a muffle furnace at 550 °C according to ISO 5984 (ISO 1978). The crude fibre content of the feeds was determined as the loss in mass resulting from ashing of the residue obtained after acid and alkaline digestion of the sample according to ISO 6865 (ISO 2000). Tissue fat content was extracted according to *Folch et al.* (1957). Total lipids were transmethylated by boron trifluoride (BF₃) and methanol. Gas liquid chromatography was performed on a Shimadzu 2100 apparatus (Shimadzu, Kyoto, Japan) equipped with an SP-2380 (Supelco, Bellefonte, PA, USA) type capillary column (30 m x 0.25 mm ID, 0.20 µm film, cat. No.:24110-U) and flame ionization detector (2 x 10⁻¹¹). Characteristic operating conditions were: injector temperature: 270 °C, detector temperature: 300 °C, helium flow: 28 cm s⁻¹. The oven temperature was graded: from 80 to 205 °C: 2.5 °C min⁻¹, 5 min at 205 °C; from 205 to 250 °C: 10 °C min⁻¹, 5 min at 250 °C. To identify individual FAs, an authentic FA standard (Mixture Me100, cat. No.:90-1100; Larodan Fine Chemicals AB, Malmö, Sweden) was used.

Statistical analysis

Statistical analyses were carried out with SPSS® For Window™ (Version 10. 1999). The analysis of variance (one-way ANOVA) procedure was used to test main effects. Treatment means were compared using alpha of 0.05 for significance in Tukey and Dunnett post hoc tests. Analysis of variance was carried out on aquarium means for growth, feed consumption and feed loss traits. Body composition and fillet fatty acid profile data were obtained by randomly chosen three fish per treatment.

RESULTS AND DISCUSSION

During the experiment no losses have occurred. All of the groups showed acceptable growth but the condition factor of group Ra tended to be lower, without statistically significant difference. The effect of the different vegetable oil contents was not significant on the growth and feed utilization parameters (*Table 2*). Independently from the treatments the feed losses were high. However, the Ra group showed an increased feed loss and a lower weight gain; but the difference was significant only in the feed consumption: feed loss ratio compared to the other treatments. The highest weight gain value was measured in the group So.

Table 2

Growth and feed conversion of fish

Parameters (1)	Treatment (means±SD) (2)			
	Ra	Su	So	P value
Final body weight (g) (3)	30.54±6.68	29.24±10.71	31.72±13.72	NS
Final body length (mm) (4)	142.90±9.12	139.70±14.59	141.35±17.54	NS
Fish biomass (g)* (5)	150.80±9.54	160.48±15.33	149.19±3.69	NS
Condition factor (6)	1.06±0.006	1.11±0.06	1.09±0.02	NS
Growth (mm day ⁻¹) (7)	0.62±0.22	0.67±0.11	0.77±0.30	NS
Weight gain(g day ⁻¹) (8)	0.18±0.18	0.36±0.07	0.48±0.27	NS
Total used feed amount (g/aquarium)** (9)	102.81±15.91	102.64±4.65	106.55±18.53	NS
Feed consumption (g/aquarium)** (10)	39.56±11.29	50.40±4.58	53.27±9.93	NS
Feed loss (g/aquarium)** (11)	63.25±4.69	52.24±9.14	53.28±8.63	NS
Feed consumption/feed loss (12)	0.62±0.13a	1.00±0.29b	1.00±0.08b	0.024

*Total weight of five fish in an aquarium. (13), ** Calculated for five fish/aquarium (14), NS means: not significantly different (Tukey's post hoc test) (15)

2. táblázat: A halak növekedése és takarmányértékesítése

Paraméter (1), Kezelés (átlag±SD) (2), Befejező tömeg (g) (3), Befejező hossz (mm) (4), hal biomassza (g) (5), Kondíció faktor (6), Növekedés (mm/nap) (7), tömeggyarapodás (g/nap)(8), összes beadott takarmány (g/akvárium) (9), összes elfogyasztott takarmány (g/akvárium) (10) takarmány pazarlás (g/akvárium)(11), takarmányfogyasztás/pazarlás (12), Öt hal teljes tömege egy akváriumban (13), öthal/akváriumra számítva (14), NS:nem szignifikáns, Tukey Post Hoc teszt

Regarding the growth parameters of the pikeperch fingerlings, all vegetable oil complementation seemed to be adequate for intensive rearing. However, the feed consumption data show that the rapeseed oil possibly had an unpleasant taste. This theory seems to be also confirmed by the condition decay and the higher level of the feed losses. However, the alteration of the latter parameter could derive from the feeding method (until satiation, but once a day). It was also observed fish captured the pellets but instead of swallowing released them. The daily weight gain corresponded to the values measured in similar experimental settings. Molnár et al. (2006) fed pikeperch fingerlings (22.1 g) with pellet containing 120 g kg⁻¹ fish oil, resulting a weight gain of 0.28 g day⁻¹ similar to the 0.18 (Ra), 0.36 (Su), 0.48 (So) g day⁻¹ values measured in this experiment. In contrast, the condition factor (K=1.11) was lower than the value (K=1.22) in the above-mentioned publication.

The chemical composition of the fish samples is shown in Table 3. The body composition of the fish fed various vegetable oils did not differ significantly. Although, compared to the control, the dry matter of all treated groups has increased (P=0.015) due

to the increment of the crude fat content which was significant in the groups Ra and Su ($P=0.041$).

Table 3

The effects of different dietary fat sources on the total body composition (n=3)

Treatments (means±SD) (1)					
Chemical composition (2)	Control (7)	Ra	Su	So	P value (8)
Dry matter (g kg ⁻¹) (3)	227.80±6.29a	269.77±13.50b	270.47±13.79b	261.17±18.16b	0.015
Crude protein (g kg ⁻¹) (4)	169.73±6.60	179.23±6.97	180.00±4.95	176.07±0.65	NS
Crude fat (g kg ⁻¹) (5)	19.93±2.91a	53.80±16.65b	54.90±12.93b	46.93±16.40ab	0.041
Crude ash (g kg ⁻¹) (6)	43.67±1.06	45.20±0.35	42.93±1.27	43.53±2.91	NS

NS means: not significantly different, a,b means significantly different (Dunnnett (2-sided) and Tukey Post Hoc tests) (9)

3. táblázat: Az eltérő olajforrások hatása a teljes test összetételére (n=3)

Kezelés (1), Kémiai összetétel (2), Szárazanyag (3), nyers fehérje (4), nyerszsír (5), hamu (6), Kontrol (7), P-érték (8), NS:nem szignifikáns, a,b: szignifikáns különbség (Dunnnett t (2-sided) és Tukey Post Hoc teszt) (9)

The fillet fat content of the pellet fed pikeperch generally ranges between 70 g kg⁻¹ (Schulz *et al.*, 2005) and 107 g kg⁻¹ (Zakes *et al.*, 2004). Schulz *et al.* (2005) achieved the 70 g kg⁻¹ level with soybean oil replacement, while Zakes fed 100 g kg⁻¹ fat content with a mixed oil source, containing also rapeseed oil. These are higher in both cases than the results of our experiment (53.80 g kg⁻¹ rapeseed oil, 46.93 g kg⁻¹ soybean oil). Molnár *et al.* (2006) found also higher fat content with vegetable oil feeding (linseed oil, 80.2 g kg⁻¹ body fat content) but the fish oil source resulted similar body fat content (54.1±7.1 g kg⁻¹) to our present results. The dry matter contents and the protein contents of body were also lower than the values published by Zakes *et al.* (2004) (336 and 191 g kg⁻¹ dry matter and crude protein content, respectively). Molnár *et al.* (2006) found similar dry matter (283 g kg⁻¹) but lower protein levels (154 g kg⁻¹) in the fish body.

The fatty acid composition of the fish fillet is shown in Table 4. The ratio of palmitic acid (C16:0) in the fish fillet was decreasing compared to the control value, however the difference was significant only in group Ra, the other two treated groups showed a medial level. Reverse tendency was detectable in the ratio of oleic acid (C18:1n-9) resulting a significantly different high level in group Ra. The ratio of linoleic acid (C18:2n-6c) and α -linolenic acid (C18:3n-3) was increasing in all treated groups, but the differences were significant in the So group in both fatty acids and in the Ra group in the α -linolenic acid compared to the control. The arachidonic acid (ARA; C20:4n-6) level decreased in the fish fillet during the trial. The three vegetable oil groups did not differ significantly, but the control level was significantly higher. The docosapentaenoic acid, DPA (C22:5n-3) level changed also in all of the groups, but the difference was significant only in the groups Ra and Su. The vegetable oil treatment had

no significant effect on the EPA (C20:5n-3), and DHA (C22:6n-3) levels and also on the EPA: DHA ratio; however both fatty acid showed a decreasing value.

The ratio of the saturated fatty acids decreased in all groups but it was significant only in the group So. The MUFA did not change significantly, although the level in group Ra increased 1.5 times compared to the control. This resulted a reverse change in the PUFA level; the Ra group showed a decrease in the PUFA but the difference was not significant. The total n3 fatty acid ratio was the lowest in the Ra group, and this group had the highest n9 level. Both changes were significant. The highest n6 level was measured in the So group, however, the difference between the treated groups was not significant. The n3/n6 ratio decreased during the experiment, the difference was significant in the groups Ra and So.

The calculated $\Delta 5$ desaturase index value decreased significantly in group Ra. The $\Delta 9$ index value increased significantly also in group Ra. The $\Delta 6$ index differed significantly in the group So, as compared to the control value. In the biosynthesis of n6 the fatty acids ARA is an end-product, while linoleic acid (C18:2n-6) is the precursor. Regarding the ratio of the two fatty acids all the treatments differed significantly from the control value ($P=0.008$). The calculated unsaturation index changed between 256.3 ± 29.7 and 281.5 ± 15.6 . Although the treated groups were similar, compared to the initial value (317.2 ± 23.8) a decrease was detected, being significant in group Ra ($P=0.088$).

Table 4

The effects of different dietary fat sources on the fatty acid composition of fillets (n=3)

Fatty acid composition (g kg ⁻¹) of the total fatty acids (1)	Treatments (means±SD) (2)				
	Control (3)	Ra	Su	So	P value (4)
C10:0	0.2±0.3	0.1±0.1	0.2±0.4	0.1±0.1	NS
C12:0	0.3±0.1	0.4±0.02	0.3±0.1	0.4±0.3	NS
C14:0	13.1±4.6	29.0±5.1	23.5±12.7	24.2±12.3	NS
C14:1n-5	0.4±0.4	1.3±0.4	1.1±0.7	1.0±0.6	NS
C15:0	2.4±0.3	2.9±0.3	2.7±0.7	2.6±0.7	NS
C16:0	183.9±7.2a	159.2±2.5b	167.1±11.3ab	168.4±11.6ab	0.05
C16:1n-7	25.6±8.1	51.5±9.7	42.2±22.3	42.2±21.4	NS
C17:0	4.0±0.5	3.8±0.3	3.6±0.6	3.6±0.6	NS
C17:1n-7	3.3±1.0	5.2±1.0	4.0±2.2	4.6±2.6	NS
C18:0	49.0±3.4	32.9±7.1	40.0±12.6	40.9±13.8	NS
C18:1n-9	92.5±21.2a	170.4±34.1b	123.1±24.0ab	126.8±29.0ab	0.05
C18:1n-7	23.7±0.9	26.4±0.6	23.2±3.9	24.2±2.5	NS
C18:2n-6t	1.2±0.7	4.1±0.9	3.1±1.7	3.5±2.0	NS
C18:2n-6c	72.5±21.8a	107.1±16.8ab	118.5±32.4ab	131.0±20.1b	0.072
C18:3n-6	1.4±0.3	1.7±0.3	2.2±0.4	2.0±0.3	NS

Table 4 (continued)

C18:3n-3	4.2±1.4a	13.4±3.5b	7.8±3.7ab	11.6±2.3b	0.018
C20:0	2.7±0.1	2.9±0.3	2.7±0.8	2.5±0.3	NS
C20:1n-9	13.1±4.6	23.2±3.6	18.7±6.4	16.2±4.9	NS
C20:2n-6	2.5±0.2	3.2±0.6	2.9±0.7	2.4±0.7	NS
C20:3n-3	1.6±0.1	1.6±0.1	2.0±1.1	1.6±0.2	NS
C20:4n-6 (AA)	19.5±1.3a	11.3±2.0b	13.7±1.2b	12.7±3.0b	0.005
C20:5n-3(EPA)	93.8±5.4	81.3±3.6	80.8±14.4	80.4±6.4	NS
C22:5n-3 (DPA)	27.0±0.5a	23.1±1.3b	24.0±0.1b	24.8±1.8ab	0.014
C22:6n-3 (DHA)	359.3±51.2	239.0±61.3	289.4±37.4	269.0±62.6	NS
C24:0	0.9±0.3	0.8±0.1	0.7±0.1	0.5±0.2	NS
C24:1n-9	2.0±0.2a	4.2±0.7b	2.7±0.8ab	2.8±0.7ab	0.017
Σ SFA	256.4±5.5a	232.0±1.3b	240.8±9.6ab	243.2±11.4ab	0.034
Σ MUFA	160.5±36.1	282.2±48.4	214.9±60.1	217.7±60.1	NS
Σ PUFA	583.1±31.0	485.9±47.2	544.3±52.8	539.1±48.8	NS
Σ n3	485.8±52.1a	358.4±62.6b	404.0±22.6ab	387.4±58.1ab	0.074
Σ n6	97.3±21.7	127.4±15.6	140.3±32.8	151.7±20.2	NS
Σ n9	107.6±25.9a	197.8±37.0b	144.6±31.1ab	145.8±33.2ab	0.052
n3/n6	5.22±1.51a	2.88±0.89b	2.96±0.53ab	2.60±0.61b	0.035
Δ5 (C20:4n-6/ C20:3n-3)	12.2±1.8a	7.0±1.4b	7.8±3.0ab	8.0±1.4ab	0.047
Δ6 (C18:3n-6/ C18:2n-6)	0.02±0.001a	0.02±0.001ab	0.02±0.003ab	0.01±0.001b	0.027
Δ9 (C18:1n-9/ C18:0)	1.9±0.6a	5.5±1.9b	3.4±1.5ab	3.5±1.6ab	0.106
DHA/DPA	13.3±2.1	10.3±2.0	12.1±1.6	10.8±1.7	NS
DHA/EPA	3.8±0.5	2.9±0.6	3.7±1.2	3.4±1.0	NS
DHA/C18:3n-6	271.2±91.0	148.2±73.0	136.5±24.4	141.6±50.7	NS
AA/C18:2n-6	0.29±0.09a	0.11±0.04b	0.12±0.02b	0.10±0.03b	0.008
Chain length (5)	19.3±0.2	19.0±0.3	19.0±0.2	18.9±0.3	NS
Unsaturation index (6)	317.2±23.8a	256.3±29.7b	281.5±15.6ab	272.8±28.3ab	0.088

NS means: not significant, a,b means: significant different (Dunnett t (2-sided) and Tukey Post Hoc tests) (7)

Unsaturation index: $1 \times \Sigma \text{ monoenoic} + 2 \times \Sigma \text{ dienoic} + 3 \times \Sigma \text{ trienoic} \dots$ (8)

4. táblázat: Az eltérő olajforrások hatása a filé zsírsav összetételére (n=3)

Zsírsav összetétel a teljes zsírsav százalékában (1), Kezelés (2), Kontrol (3), P-érték (4), lánchossz (5), Telítetlenségi Index (6), NS:nem szignifikáns, a,b: szignifikáns különbség (Dunnett t (2-sided) és Tukey Post Hoc teszt), Telítetlenségi Index: $1 \times \Sigma \text{ monoén} + 2 \times \Sigma \text{ dién} + 3 \times \Sigma \text{ trién} \dots$ (8)

The palmitic acid proportion of the fillet decreased, while the level of oleic acid increased. These changes in the fillet fatty acid composition were correlative with the differences in the experimental feeds. Oleic acid was dominant in the fillet of the rapeseed oil fed group, which can be explained with the high oleic acid content of the rapeseed oil in the feed. Similarly, the higher α -linolenic acid (C18:3n-3), and linoleic acid (C18:2n-6) content of the vegetable oil groups may be attributed to the dietary fatty acid levels. Regost et al. (2003) reported that the flesh of turbot (*Psetta maxima*) fed on pellets with high soybean oil content was rich in linoleic acid (C18:2n-6). Our results confirmed this, since the fillet of the soybean oil group contained higher ratio of this fatty acid than the control value.

The control EPA, DPA, and DHA levels were higher than the final levels, as measured in the treated groups. Regost et al. (2003) published a similar tendency in turbot (*Psetta maxima*) fed pellets with high soybean and linseed oil replacement; the mentioned fatty acids had lower levels than it was measured in the control (fish oil) group. In pikeperch, the difference was detectable in all of the three fatty acids but was only significant by DPA. Although vegetable oils are poor in long chain PUFA, the fish fillet showed acceptable values. Jankowska et al. (2003) detected 74.9 g kg⁻¹ fatty acids EPA, 24.0 g kg⁻¹ fatty acids DPA (C22:5n-3) and 245.0 g kg⁻¹ fatty acids DHA (C22:6n-3) in the fillet fat content of wild pikeperch. In our investigation the lowest levels were found in the rapeseed oil group (81.3 g kg⁻¹ fatty acids EPA, 23.1 DPA, and 239.0 DHA). Pikeperch is able to compensate these low levels both by the elongation and desaturation of C18 fatty acids (Jankowska et al., 2003). By arachidonic acid (C20:4n-6), the significant reduction emerged correspondently to the ratio in the actual feeds.

The saturated fatty acid proportion decreased in all treated groups. The soybean oil feed contained higher amounts of saturated fatty acids, but the level in the fish fillet of this group did not differ significantly from the other two groups. Although, the highest MUFA content was detected in the sunflower oil feed, there was no surplus in the fish fillet of this group, moreover, the MUFA content in the rapeseed oil group was higher. Regarding the control value, the vegetable oil replacements have generally increased the MUFA ratio. The PUFA ratio changed contrary to MUFA; it showed a decrease due to the vegetable oil feeding. However, the divergent vegetable oils had the same effect on the PUFA ratio, the differences in the feed fatty acid contents did not manifest in the fish fillet; the fish metabolism likewise equalized the differences.

The n3/n6 ratio decreased in the three vegetable oil groups during the experiment. Jankowska et al. (2003) fed pikeperch with a pellet containing similarly 110 g kg⁻¹ fat (TROUVIT, Classic 7) and found that the n3/n6 ratio was 4.40 which was higher than the best vegetable oil group (Su, 2.96) in our experiment. The higher control value was due to the lower n6 level (76.0 g kg⁻¹ fatty acids) together with a similar n3 level (334.6 g kg⁻¹ fatty acids). Consequently the higher n6 ratio in the fed pellets had an effect on the fillet n6 ratio. Schulz et al. (2005) published 174 g kg⁻¹ fatty acids n6 level, and 321 g kg⁻¹ fatty acids n3 level in the fillet of pikeperch fed soybean oil resulting 1.8 n3/n6 ratio. In this experiment these parameters were as follows: 151.7, g kg⁻¹ fatty acids, 387.4±58.1 g kg⁻¹ fatty acids, and 2.60, respectively. It can be established that the fillet n3/n6 ratio is mainly determined by the pellet n3/n6 ratio in the pikeperch, as it was described also in perch (*Perca fluviatilis*) by Xu et al. (2002).

The unsaturation index found in all of the treated groups (especially the control value) was high. Molnár et al. (2006) obtained similar value (267.1) in pikeperch fed pellets containing 120 g kg⁻¹ fat partially replaced with linseed oil. The highest value in

our experiment was 281.5 found in the sunflower oil group. The high level was primarily resulted by the high ratio of DHA in the fish fillet.

CONCLUSIONS

Based on our results it can be concluded that the investigated performance traits were similarly affected by the different vegetable fat sources applied. The fatty acid profile of the fillet was slightly poorer in its PUFA levels as compared to the fish oil based control diet, however the three vegetable oils induced largely similar changes in this aspect.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Hungarian Scientific Research Fund (OTKA D048498).

REFERENCES

- Alsted N., Due T., Hjermsley N., Andreassen N. (1995). Practical experience with high energy diets, FCR, growth and quality. *J. Appl. Ichthyol.*, 11. 329-335.
- Baer J., Zienert S., Wedekind H. (2001). Neue Erkenntnisse zur Umstellung von Naturauf Trockenfutter bei der Aufzucht von Zandern (*Sander lucioperca L.*). *Fischer und Teichwirt.*, 7. 243-244.
- Brandsen M.P., Carter C.G., Nichols P.D. (2003). Replacement of fish oil with sunflower oil in feeds for Atlantic salmon (*Salmo salar L.*): effect on growth performance, tissue fatty acid composition and disease resistance. *Comp. Biochem. Physiol. B*, 135. 611-625.
- Bell J.G., Henderson R.J., Tocher D.R., Sargent J.R (2004). Replacement of dietary fish oil with increasing levels of linseed oil: Modification of flesh fatty acid composition in atlantic salmon (*Salmo salar L.*) using a fish oil finishing diet. *Lipids*, 39. 223-231.
- Farkas T., Herodek S. (1967). Investigations of the fatty acid composition of fishes from Lake Balaton. *Annal. Biol. Tihany*, 34. 3-13.
- Folch J. M., Lees M., Sloane-Stanley G.H. (1975). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226. 495-509.
- Greene D.H.S., Selivonchik D.P. (1987). Lipid metabolism in fish. *Prog. Lipid Research.*, 26. 53-85.
- Henderson R.J., Tocher D.R. (1987). The lipid-composition and biochemistry of fresh-water fish. *Prog. Lipid Research*, 26. 281-347.
- 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 (2000). Animal Feeding Stuffs – Determination of Crude Fibre Content. ISO 6865. International Organization for Standardization
- Jankowska B., Zakes Z., Zmijewski T., Szczepkowski M. (2003). Fatty acid and meat utility of wild and cultured zander, *Sander lucioperca (L.)*. *EJPAU*, 6. Issue:1 Series: Fisheries

- Kestemont P., Vandeloise E., Mélard C., Fontaine P., Brown P.B. (2001). Growth and nutritional status of Eurasian perch *Perca fluviatilis* fed graded levels of dietary lipids with or without added ethoxyquin. *Aquaculture*, 203.85-99.
- 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.). *Aquacult. Nutr.*, 12. 173-182.
- Nettleton J. A. (2000). Fatty Acid in Cultivated and Wild Fish. Proceedings of the International Institute of Fisheries Economics and Trade. July 10-14. Oregon State University, Cavallis, OR.
- Regost C., Arzel J., Cardinal M., Rosenlund G., Kaushik S.J. (2003). Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in Turbot (*Psetta maxima*) 2. flesh quality properties. *Aquaculture*, 220. 737-747.
- Rennie S., Huntingford F.A., Loeland A.L., Rimbach M. (2005). Long term partial replacement of dietary fish oil with rapeseed oil; effects on egg quality of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture*, 248. 135-146.
- Ruuhijarvi J., Virtanen E., Saimainen M., Muyunda M. (1991). The growth and survival of pike-perch, *Stizostedion lucioperca* L. larvae fed on formulated feeds. European Aquaculture Society, Special Production No. 15, Gent, Belgium
- Schulz C., Knaus U., Wirth M., Rennert B. (2005). Effects of varying dietary fatty acid profile on growth performance, fatty acid, body and tissue composition of juvenile pike perch (*Sander lucioperca*). *Aquacult. Nutr.*, 114. 403-413.
- SPSS® For Window™ (1999). Version 10., Copyright SPSS Inc., Chicago, IL.
- Xu X., Kestemont P. (2002). Lipid metabolism and FA composition in tissues of Eurasian Perch *Perca fluviatilis* as influenced by dietary fats. *Lipids*, 37. 297-304.
- Zakes Z. (2003). Pikeperch, *Sander lucioperca* (L.) production in recirculating systems (in Czech with English summary). *Bulletin VURH Vodnany* ½, 136-140.
- Zakes Z., Przybyl A., Wozniak M., Szczepkowski M., Mazurkiewicz J. (2004). Growth performance of juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.) fed graded of dietary lipids. *Czech J. Anim. Sci.*, 49. 156-163.

Corresponding author (*levelezési cím*):

Tamás Molnár

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences,
Institute of Environmental and Natural Conservation Sciences
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.
*Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Környezettudományi
és Természetvédelmi Intézet*
Tel.: 06 82/505-800, Fax: 36-82-320-175
e-mail: molnar.tamas.gergely@ke.hu