

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 tápláléanyagok 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 ívőhelyre 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.

Táplálékmegegyezés 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. Táplálékmegegyezés 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 táplálékmegegyezés 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 táplálékmegegyezés hatására kialakuló lipiddtartalom 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 katekolaminok (elsősorban adrenalin) felszabadítása, mely rendkívül gyors folyamat. A katekolaminok 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) táplálékmevönás 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 zsírsavait 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 enzimatikus és egy nem-enzimatikus 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 enzimatikus lipidperoxidációt gyakran jellemzik a malondialdehid (MDA) koncentráció meghatározásával, egy citotoxikus és mutagén végtermékkel, mely a több mint három kettős kötással 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 éhezettett 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