

Animal welfare, etológia és tartástechnológia



Animal welfare, ethology and housing systems

Volume 7

Issue 3

Gödöllő
2011



ÁLLATJÓLÉTI ÉS TERMÉKMINŐSÉGI ÖSSZEFÜGGÉSEK A HALFELDOLGOZÁSBAN (IRODALMI ÖSSZEFOGLALÁS)

Varga Dániel, Szabó András, Romvári Róbert, Hancz Csaba

Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, Kaposvár, 7400, Guba S. u. 40.

varga.daniel@ke.hu

Összefoglalás

A vágás előtti és a vágáskori stressz következtében a vérben és a szövetekben is megváltoznak bizonyos biokémiai folyamatok, például növekszik a glükóz és a laktát koncentrációja. Ezek a változások a *post mortem* folyamatokat befolyásolják, módosítva ezzel a termék minőségét. Irodalmi áttekintésünkben arra keressük a választ, hogy melyek azok a perimortális körülmények, amik a legnagyobb stresszt jelentik a halak számára, és milyen módon befolyásolják a húsminőséget.

Kulcsszavak: halfeldolgozás, stressz, húsminőség

Animal welfare and product quality aspects of fish processing

Abstract

Due to the perimortal stress the biochemical processes change in blood and tissues, e.g. the lactate and the glucose level increases. These changes have an impact on the *post mortem* processes and modify the quality of the product. In this paper authors give a review on the circumstances meaning stress for the fishes, and how to modify the flesh quality.

Keywords: fish processing, stress, flesh quality



Bevezetés

A halak a tenyésztés során sok stresszhatásnak vannak kitéve a keltetőházi szaporítástól kezdve egészen a feldolgozásig. A kifogás, a mesterséges szaporítás, a telepítés, a kezelések, a szállítás, stb. olyan külső hatások, melyek mesterségesen előidézett környezeti stresszel hatást gyakorolnak a halak homeosztázisára. A mesterségesen előidézett stresszhatások mellett a természetes környezeti hatások is hasonló befolyással lehetnek a halak életfolyamataira. Az oxigénhiány, a hősök, a kórokozókkal való fertőződés és a rossz vízminőség is mind negatívan hatnak az életfolyamatokra.

A környezeti stressz erősen hat az anyagcsere-folyamatokra, a stresszhatások eltérő módon befolyásolják a szervezet életfolyamatait: romlik az egészségi állapot, csökkenhet a növekedés, károsodhat a kopolyú és az idegrendszer és blokkolódhat a hipotalamusz-hipofízis-gonád tengely (*Hegyi és mtsai*, 2008). Ezek következtében a leromlott állapotú halak könnyen elpusztulnak, a megmaradóknak pedig csökkenhet a teljesítménye, és romolhat a húsminősége, melyek jelentős kárt okoznak a termelőknek.

A tenyésztett halak húsminőségét azonban leginkább a lehalászástól a feldolgozásig eltelt idő alatt bekövetkezett, illetve az alkalmazott vágási technológia okozta stressz befolyásolhatja. A közelmúltban a kutatások jelentős része fókuszált a stressz és a húsminőség kapcsolatára halaknál. Elsősorban nagy mennyiségben, intenzív körülmények között tenyésztett, nagy értéket képviselő fajokra (lazac- és pisztrángfélék, tengeri halfajok) irányulnak a vizsgálatok, olyan országokban, ahol ezen termékek széleskörű fogyasztóbázissal rendelkeznek.

Irodalmi áttekintésünkben arra keressük a választ, hogy melyek azok a körülmények, amik a legnagyobb stresszt jelentik a halak számára, és milyen módon befolyásolják a húsminőséget.

Viselkedési és minőségi stresszindikátorok

A viselkedés nagyon jó indikátora a halak jólétének, mivel a környezeti változásokra a hal ezzel válaszol a leggyorsabban. Vágásnál a hal viselkedéséből szemmel láthatóan következtethetünk a tudat meglétére vagy hiányára (*Poli és mtsai*, 2005).

A vágás előtti és vágáskori viselkedést vizsgáló kutatások elsősorban az önálló viselkedésre koncentrálnak, úgymint az úszási képesség fenntartása, kopolyúmozgás, egyensúly megtartása, szemmozgató képesség és tűszúrásra adott reakció (*Marx és mtsai*, 1997; *Tobiassen és Sørensen*, 1999; *Van der Vis és mtsai*, 2001).



A rövid és hosszútávú stressz jól mérhető különböző vérparaméterekkel. A vér kortizol szintjének mérése a legszélesebb körben elterjed módszere a stressz mértékének meghatározására (*Pickering és mtsai*, 1982; *Pickering és Pottinger*, 1985), még ha a takarmányozás, a szezonális változás és a tartási körülmények hatása meg is változtathatja (*Poli és mtsai*, 2005).

Az endokrin válasz következményeként gyorsul a szívritmus, növekszik az oxigénfelvétel és megnő a plazma glükóz szintje is. Ez utóbbi szintén jó jelzője a stressznek, és egyszerű mérése miatt elterjedt módszer (*Hancz és mtsai*, 1999), bár *Barry és mtsai* (1993) szerint a vércukorszint csak bizonyos késéssel emelkedik a stresszhatást követően.

A plazma laktát szintje is alkalmas a stressz jelenlétének kimutatására (*Lowe és mtsai*, 1993; *Erikson és mtsai*, 1999). A megnövekedett izomaktivitást követő nagyobb mértékű energia mobilizáció és felhasználás anaerob glikolízist indít el, ami összefüggésben van a plazma laktát szintjével. Ezek következtében a megnövekedett laktát szint jó stresszindikátor.

A vérparaméterek közül stressz kimutatására használható még a plazma szabad zsírsav (FFA) koncentrációja is (*Poli és mtsai*, 2005).

Bizonyos szöveti indikátorok szintén jól jelzik a stressz jelenlétét halaknál. Ezek azonban a post mortem folyamatokban jelennek meg. Szoros kapcsolat figyelhető meg a stressz okozta endokrin válasz és a szöveti folyamatok közt, így nem csak a vérparaméterekkel, hanem például az izom pH, laktát és ATP szintjéből is következtethetünk stresszre (*Poli és mtsai*, 2005).

Post mortem 24 órán belül a szövet tejsav tartalmának növekedése egyidejűleg a pH jelentős csökkenésével összefügg a vágás előtti magas anaerob glikolitikus aktivitással, amiből erőteljes fizikai aktivitásra és stresszre következtethetünk (*Oka és mtsai*, 1990; *Lowe és mtsai*, 1993; *Marx és mtsai*, 1997; *Robb és Warriss* 1997).

Vágás előtti stresszorok és hatásaik a húsminőségre

Lehalászás, szállítás

A tartási és lehalászási eljárások módosíthatják a terméket, a szállítás közben keletkezett sérülések ronthatják annak minőségét (*Urbieta* 2000). Halászat közben ezért állatjóléti és minőségi szempontokból, a sérülések és a stressz elkerülése végett világszerte kíméletes módszereket igyekeznek alkalmazni. A kíméletes módszerek közé tartozik, amikor valamilyen vegyi anyaggal kábítják a halat a lehalászás, illetve a



vágás előtt (Kiessling és mtsai, 2004). Ez a módszer azonban csak a néhány országban (Új-Zéland, Chile, Ausztrália) engedélyezett (Bosworth és mtsai, 2007).

Wilkinson és mtsai (2008) izo-eugenollal altatott és hagyományosan halászott barramundi (*Lates calcarifer*) minőségét vizsgálták. Eredményeikben a nyugtatóval kezelt halaknál jóval később (12 h) állt be a rigor állapot, mint a hagyományos csoportnál (3 h). Az altatott halak hújának pH értéke szintén szignifikánsan magasabb volt a másik csoportnál, a vízvesztésben viszont nem találtak különbséget.

Bosworth és mtsai (2007) csatornaharcsán (*Ictalurus punctatus*) alkalmazták ugyanezt a módszert. Izo-eugenolt alkalmaztak 25-35 ppm töménységben a halak kábítására, majd különböző módokon (CO₂ kábítás, N kábítás, fejre mért ütés) vágták őket. Véleményük szerint a legjobb húsminőséget az altatás utáni szén-dioxidos kábítás eredményezte.

Matos és mtsai (2010) tengeri keszeg (*Sparus aurata*) húsminőségét vizsgálták stresszmentes (mélyaltatás) és stresszelt (hálós halászat) állapotban történő halászatot követően. A stresszmentes feldolgozás esetében magasabb pH értéket találtak, és az izomban az oxidatív stresszt jelző markerek (TBARS) értéke is szignifikánsan függött a stressztől. Az izom struktúrájára a stressz nem gyakorolt hatást.

A szállítás komplex stresszhatással jár az élve szállított halak számára. Általában nagy sűrűségben szállítják őket, ennek következtében, ha nem megfelelő a levegőztetés, a víz szén-dioxid szintje gyorsan emelkedni kezd, egyidejűleg az oldott szerves anyagok és az ammónia szintjével. Mindezek mellett jelentős hőmérsékletváltozás is bekövetkezhet rövid időn belül, mely a változó testhőmérsékletű halaknak jelentős stresszt okoz (Harmon 2009).

A szállítást Merkin és mtsai (2010) is jelentős stresszhatásnak igazolta tengerben nevelt szivárványos pisztráng esetében. A halteleptől a vágásig végigkísérve a szállítás után mérték a legmagasabb glükóz és hematokrit mennyiséget a vérben.

Egy másik kísérletben viszont Erikson és mtsai (1997) ketrecben nevelt lazacot (*Salmo salar*) szállítottak nagy sűrűséggel (125 kg/m³), de folyamatos vízcsérével. A szállítás nem járt jelentős stresszel a halak számára és nem volt kimutatható hatása a húsminőséget tekintve.

Zsúfoltság

Vágás és feldolgozás előtt a halakat más vágóállatokhoz hasonlóan zsúfoltan tartják. Köztudott, hogy ez a természetellenesen nagy sűrűség jelentős stresszhatásnak teszi ki az állatokat. Skjervold és mtsai (2001) nemes lazacra (*Salmo salar*) vizsgálták a zsúfoltság és az élve hűtés húsminőségre gyakorolt hatását együttesen és külön is. A zsúfoltan tartott és a hűtött halak vér kortizol és laktát szintje jelentősen növekedett. A plazma glükóz szint a hűtött és a zsúfolt majd hűtött csoportnál 20%-kal nőtt a kontrollhoz képest, a csak



zsúfolt csoportnál viszont 70%-kal. Ezekből következik, hogy a vágás előtti élve hűtés csökkenti a stressz mértékét. Az izom glikogén tartalma jelentősen csökkent a zsúfolt csoportnál, ami magasabb pH értéket eredményezett és jelentősen befolyásolta a hús textúráját is.

Bagni és mtsai (2007) szintén zsúfoltság hatását vizsgálták tengeri sügären (*Dicentrarchus labrax*) és tengeri keszegen (*Sparus aurata*). Zsúfolt és relatíve kisebb egyedsűrűség melletti tartás után kétféle vágással dolgozták fel a halakat. A relatíve kisebb egyedsűrűség mellett tartott halak lassabban pusztultak el. A zsúfolt halaknál a reaktív oxigén metabolizmus és az antioxidáns kapacitás közt negatív, míg a nem zsúfoltaknál pozitív korrelációt figyeltek meg mindkét faj tekintetében.

A rövid és hosszabb távú zsúfoltság okozta stressz is jelentős hatással van a húsminőségre. Nemes lazac filéjében alacsony pH-t és puha textúrát eredményez, valamint növeli a cathepsin L és B expressziót és aktivitást, közvetlenül a halál után. Mindezek a halhús gyorsabb romlásához vezetnek (Bahuaud és mtsai, 2010).

Oxigénhiány

Lefèvre és mtsai (2008) szivárványos pisztrángot (*Oncorhynchus mykiss*) tartottak oxigénnel alacsonyan, normális mértékben és túltelített vízben, majd stresszmentes és stresszelt körülmények közt vágták le őket. Legnagyobb mértékben az alacsony oxigéntelítettség befolyásolta a húsminőséget, jelentősen csökkent a filé mechanikai ellenállása. A stresszelt vágás pedig alacsonyabb induló pH-t, puhább és sötétebb húst eredményezett minden esetben.

Jelenleg alkalmazott vágási módszerek és állatjóléti megítélésük

A vágás során alkalmazott korszerűtlen, állatjóléti előírásoknak nem megfelelő technológiák jelentős stresszt váltanak ki az állatokból, mely befolyásolhatja a húsminőséget. A vágási folyamat során fellép az „érzéketlenség” állapota, mely nem azonos sem az agy-, sem a teljes halállal, de stresszorokra adott válaszreakciók ettől a ponttól megszűnnek. A gyakorlatban a vágás megkezdése és az ezen állapot között eltelt időt szükséges rövidíteni. Érdekes módon az összes állat közül csak a bálnák esetében létezik a halál beálltára pontos definíció (Knudsen 2005).

A kutatók közt máig nincs egyetértés, hogy a halak érznek-e fájdalmat. Egyesek szerint a halak nem valószínű, hogy érzékenyek a fájdalomra (Rose 2002), mások szerint a porcos halak kevésbé, de a csontos



halak bizonyosan érzékelik a fájdalmat (*Sneddon és mtsai*, 2002), csak nem tudni, melyik fajtáját (*Gregory* 1999).

Ütés

Hatékony és kevés stresszel járó módszer, azonban nagyüzemi feldolgozásnál jelentősen lassítja a termelést. Az ütés energiája a hal eszméletének azonnali elvesztését eredményezi. Az ütest a koponyának arra a részére kell mérni, ahol az a legvékonyabb és az agy a legközelebb van a felszínhez. A hatékonyan elkábított halnál azonnal leáll a kopolyúfedő ritmikus mozgása és a szem forgási reflexe. Ha vízbe helyezzük, nem tudja fenntartani az egyensúlyát és esetleg remeg, nem akar elmenekülni.

Elektromos kábítás

Általános elv az elektromos kábításnál, hogy elegendő áram jusson át az agyon, és epilepsziás rohamhoz hasonló állapotot idézzon elő. Ezt el lehet érni közvetlenül a fejhez érintett elektródákkal, vagy pedig elektomos áram vízbe vezetésével. A második módszer előnye, hogy a halat kevesebb stressz éri, mert életterében marad, másrésről sokkal nagyobb áramforrásra van szükség. Az elektromos áram paraméterei függenek a halfajtól és a víz vezetőképességétől is. Az elektromos kezelés hatása függ annak időtartamától és az elektomos hullámformától, a hatásossága nő az áramerősséggel. A megfelelő erősségű áram azért szükséges, mert kisebb mértékű elektromosságtól a hal ugyan elkábul, de ez nem végleges. Olyan áramerősséget kell választani, amiután a halnak teljesen leállnak az életfunkciói, ez halfajonként más-más értéket jelent (*Lambooij és mtsai*, 2006, 2007, 2008, 2010; *Lines és mtsai*, 2003).

Az elektromos kábítás hatása jól kimutatható elektroencephalogram (EEG) és elektrokardiogram (EKG) segítségével. *Lambooij és mtsai* (2006; 2007; 2008; 2010) afrikai harcsát (*Clarias gariepinus*), pontyot (*Cyprinus carpio*), nílusi tilápiát (*Oreochromis niloticus*) és lazacot vizsgálva azt állapították meg, hogy ez a módszer gyors és kevés stresszel jár az állatok számára, az agyhullámok és a szív működés gyorsan leálltak.

Hűtés

A feldolgozásra szánt halak jégben tartása több hasznú. Többek között csökkenti a nyálkán elszaporodó baktériumok mennyiségét (*Scherer és mtsai*, 2006), lelassítja a halak anyagcseréjét könnyebbé téve a vágást. Sok esetben azonban az állatok nem a jegelés, hanem a hosszú szárazon töltött idő miatt pusztulnak el. A jeges vízben hűtés jelentős stresszhatást jelent a halak számára, tachycardiás állapotba kerülnek és hosszú ideig képesek még életben maradni (*Lambooij és mtsai*, 2006; 2008).



Szén-dioxidos kábítás

Szén-dioxidos kábítás esetén a halakat szén-dioxiddal telített vízbe helyezik. Erre a környezeti változásra a hal erőlejes fejrázással válaszol és menekülni próbál. 30 másodperc elteltével mozdulatlaná válik, de még megközelítőleg 4-9 percig nem válik érzéketlenné.

Kábítás nélküli vágás

E módszer során nem használnak semmilyen kábító eljárást, a halakat élő állapotban fejezik le és távolítják el a beleket és pikkelyeket (<http://www.hsa.org.uk/Information/Slaughter/Fish%20slaughter.htm>). Bár széles körben nem elfogadott módszer, mégis gyors és stresszmentes vágási technológia (Lambooy 2006).

Iki Jime

Tradicionális japán módszer a halfeldolgozás során. Egy hegyes acél szerszámmal széttronsolják a hal agyát, anélkül, hogy a fejét levágnák. Gyors és egyszerű módja az elsősorban nagyobb testű halak - például: tonhal (*Thunnus thynnus*) és yellowtail (*Seriola sp.*) - megölésére (<http://www.seafoodinnovations.com.au/products/si2-comparison.htm>).

Vágási módszerek hatása a minőségre

Scherer és mtsai (2006) amur (*Ctenopharyngodon idella*) esetében vizsgálták a vágási módszer és a mikrobiológiai minőség közti kapcsolatot. Jeges vízbe merítéssel és elektromossággal kiirtott halakat 20 napos jégen tárolás folyamán vizsgálták. A nyálka pH, szénhidrát és fehérje tartalmát tekintve nem volt különbség a két csoport között. A baktériumtelepek mennyisége viszont a jégbe merített egyedeknél kisebb volt.

Urbieta és Gines (2000) tengeri keszeg feldolgozásában hasonlították össze a folyékony és a hagyományos jég használatát. A folyékony jéggel megölt állatok húsának jobb volt a textúrája és sokkal tovább friss maradt. A halhús színében nem találtak szignifikáns különbséget a két csoport között.

Huidobro és mtsai (2001) szintén tengeri keszegen vizsgálták a folyékony jég és a jeges víz közti különbséget a feldolgozás során. A folyékony jég gyorsabban hűtötte le a halakat, de jelentős eltérést nem okozott a hagyományos jéghez képest a húsminőségi paraméterekben. A folyékony jéggel kezelt halak szeme viszont opállossá vált, amely jelentősen rontja a vásárlói megítélést.



Roth és mtsai (2009) a feldolgozás teljes vertikumát végigkísérve (lehalászás, szállítás, hűtés, vágás, filézés, sózás és füstölés) arra keresték a választ, hogy mi van a legerősebb befolyással a nemes lazac minőségére. Arra a következtetésre jutottak, hogy a vágás előtti kezelés és a filézés jobban módosítja a húsmínőséget, mint a vágási módszer. A sózás és füstölés pedig elmosza a különbségeket az eltérő minőségű csoportok között, tehát a legerősebb hatással rendelkezik a feldolgozás során.

Ugyancsak Roth és mtsai (2007) nagy rombuszhal (*Scophthalmus maximus*) esetében hasonlítottak össze négyféle vágási módot: ütéssel, élve kivéreztetéssel és kétféle frekvenciájú árammal (5 és 80 Hz) ölték meg az állatokat. Az árammal kezelt és a kivéreztetett egyedeknél gyors pH csökkenés volt megfigyelhető, és a rigor állapot is előbb következett be. 7 nap elteltével azonban nem volt szignifikáns különbség a csoportok között még a hús textúrájában és nyíróerejében sem.

Lines és mtsai (2003) szerint szivárványos pisztráng esetében a leghumánusabb módszer az elektromosság használata. 60 s alatt 250 V feszültségű és 1000 Hz frekvenciájú elektromos mezőben a halak a lehető leggyorsabban elpusztulnak és a minőség is standardizálható.

A nem megfelelő feldolgozás során a filében maradó vér jelentős minőségromlást eredményez. Élve hűtött és ezután lefejezett nemes lazac filéje jóval kevesebb vérmaradványt tartalmaz, mint a hagyományosan élve vágott, hiszen alacsonyabb hőmérsékleten a vér alvadásához több időre van szükség, így távozni tud a szövetek közül (Olsen és mtsai 2006). Szintén Olsen és mtsai (2008) kimutatták, hogy stresszes körülmények közt feldolgozott tőkehal (*Gadus morhua*) filéje jóval több vért tartalmaz, mint a stresszmentesen kezeltké.

Következtetések

A szakirodalom alapján megállapítható, hogy a vágási módszer és az azt megelőző körülmények jelentősen befolyásolják a halak termékminőségét. A nem megfelelő módon kezelt állatok jelentős stresszen esnek át, mely módosítja a *post mortem* folyamatokat és állatjóléti tekintetben is kifogásolható. A halhús, mint könnyen sérülő és gyorsan romló, ám nagy értékű termék, odafigyelést igényel már a vágás során és azelőtt is, hiszen sokat veszíthet táplálkozás-élettani, élvezeti és gazdasági értékéből is.

Köszönetnyilvánítás

A dolgozat az OTKA 83150 és a Bolyai Ösztöndíj (BO/26/11/4) támogatásával készült.



Irodalomjegyzék

- Ashley, P.J. (2007): Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 104: 3-4. 199-235.
- Bagni, M., Civitareale, C., Priori, A., Ballerini, A., Finoia, M., Brambilla, G., Marino, G. (2007): Pre-slaughter crowding stress and killing procedures affecting quality and welfare in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*), *Aquaculture*, 263: 52-60.
- Bahuaud, D., Morkore, T., Ostbye, T.K., Veiseth-Kent, E., Tomassen, M.S., Ofstad, R. (2010): Muscle structure responses and lysosomal cathepsins B and L in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) pre- and post-rigor fillets exposed to short and long-term crowding stress, *Food Chem.*, 118: 602-615.
- Barry, T.P., Lapp, A.F., Kayes, T.B., Malison, J.A. (1993): Validation of a microtitre plate ELISA for measuring cortisol in fish and comparison of stress responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and lake trout (*Salvelinus namaycush*). *Aquaculture*, 117: 351-363.
- Bosworth, B.G., Small, B.C., Gregory, D., Kim, J., Black, S., Jarrett A. (2007): Effects of rested-harvest using the anesthetic AQUI-S™ on channel catfish, *Ictalurus punctatus*, physiology and fillet quality, *Aquaculture*, 262: 302-318.
- Chandroo, K.P., Duncan, I.J.H., Moccia, R.D. (2004): Can fish suffer?: perspectives on sentience, pain, fear and stress, *Applied Animal Behaviour Science*, 86: 225-250.
- Conte, F.S. (2004): Stress and the welfare of cultured fish, *Applied Animal Behaviour Science*, 86: 205-223.
- Erikson, U., Sigholt, T., Rustad, T., Einarsdottir, I.E., Jorgensen, L. (1999): Contribution of bleeding to total handling stress during slaughter of Atlantic salmon. *Aquaculture International*, 7: 101-115.
- Erikson, U., Sigholt, T., Seland, A. (1997): Handling stress and water quality during live transportation and slaughter of Atlantic salmon (*Salmo salar*), *Aquaculture*, 149: 243-252.
- Gregory, N.G. (2005): Recent concerns about stunning and slaughter, *Meat Science*, 70: 481-491.
- Gregory, N.G. (2008): Animal welfare at markets and during transport and slaughter, *Meat Science*, 80: 2-11.
- Hancz Cs., Bercsényi M., Magyary I., Molnár T. (1999): Stressztűrő képességre történő szelekció lehetőségei a pontynál, *Halászatfejlesztés*, 22: 100-105.
- Harmon, T.S. (2009): Methods for reducing stressors and maintaining water quality associated with live fish transport in tanks: a review of the basics, *Reviews in Aquaculture*, 1: 58-66
- Hegyi Á., Béres T., Kovács R., Kotrik L., Urbányi B. (2008): Laboratóriumi vizsgálatok során fellépő stressz értékelése halakban, *Animal welfare, etológia és tartástechnológia*, 4: 1. 70-84.



- Huidobro, A., Mendes, R., Nunes, M.L. (2001): Slaughtering of gilthead seabream (*Sparus aurata*) in liquid ice: influence on fish quality, *Eur. Food Res. Technol.*, 213: 267–272.
- Knudsen, S.K. (2005): A review of the criteria used to assess insensibility and death in hunted whales compared to other species. *Vet. J.*, 169: 42–59.
- Lambooi, E., Pilarczyk, M., Bialowas, H., Boogaart, J.G.M. Van de Vis, J.W. (2007): Electrical and percussive stunning of the common carp (*Cyprinus carpio* L.): Neurological and behavioural assessment, *Aquacultural Engineering*, 37: 171–179
- Lambooi, E., Klosterboer, R.J., Gerritzen, M.A., Van de Vis, J.W. (2006): Assessment of electrical stunning in freshwater of African Catfish (*Clarias gariepinus*) and chilling in ice water for loss of consciousness and sensibility, *Aquaculture*, 254: 388–395.
- Lambooi, E., Gerritzen, M.A., Reimert, H., Burggraaf, D., Van de Vis, J.W. (2008): A humane protocol for electro-stunning and killing of Nile tilapia in fresh water, *Aquaculture*, 275: 88–95
- Lambooi, E., Grimsbo, E., Van de Vis, J.W., Reimert, H.G.M., Nortvedt R., Roth, B. (2010): Percussion and electrical stunning of Atlantic salmon (*Salmo salar*) after dewatering and subsequent effect on brain and heart activities. *Aquaculture*, 300: 107–112
- Lefèvre, F., Bugeon, J., Aupérin, B., Aubin, J. (2008): Rearing oxygen level and slaughter stress effects on rainbow trout flesh quality, *Aquaculture*, 284: 81–89.
- Lines, J.A., Robb, D.H., Kestin, S.C., Crook, S.C., Benson, T. (2003): Electric stunning: a humane slaughter method for trout, *Aquacultural Engineering*, 28: 141–154.
- Lowe, T., Ryder, J.M., Carrager, J.F., Wells, R.M.G. (1993): Flesh quality in snapper, *Pagrus auratus*, affected by capture stress. *Journal of Food Science*, 58: 770–773.
- Matos, E., Silva, T.S., Tiago, T., Aureliano, M., Dinis, M.A., Dias, J. (2011): Effect of harvesting stress and storage conditions on protein degradation in fillets of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*): A differential scanning calorimetry study, *Food Chemistry*, 126: 270–276.
- Matos, E., Goncalves, A., Nunes, M.L., Dinis, M.A., Dias, J. (2010): Effect of harvesting stress and slaughter conditions on selected flesh quality criteria of gilthead seabream (*Sparus aurata*), *Aquaculture*, 305: 66–72.
- Marx, H., Brunner, B., Weinzierl, W., Hoffman, R., Stolle, A. (1997): Methods of stunning freshwater fish: impact on meat quality and aspects of animal welfare, *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 204: 282–286.



- Merkin, G.V., Roth, B., Gjerstad C., Dahl-Paulsen, E., Nortvedt, R. (2010): Effect of preslaughter procedures on stress responses and some quality parameters in sea-farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Aquaculture*, 309: 231–235.
- Olsen, S.H., Sorensen, N.K., Larsen R., Elvevoll, E.O., Nielsen, H. (2008): Impact of preslaughter stress on residual blood in fillet portions of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*) Measured chemically and by Visible and Near-infrared spectroscopy, *Aquaculture*, 284: 90–97.
- Olsen, S.H., Sorensen, N.K., Stormo S.K., Elvevoll, E.O. (2006): Effect of slaughter methods on blood spotting and residual blood in fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*), *Aquaculture*, 258: 462–469.
- Oka, H., Ohno, K., Ninomiya, J. (1990): Changes in texture during cold storage of cultured yellowtail meat prepared by different killing methods. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56: 1673–1678.
- Pickering, A.D., Pottinger, T.G., Christie, P. (1982): Recovery of the brown trout, *Salmo trutta* L., from acute handling stress: a time-course study. *Journal of Fish Biology*, 20: 229–244.
- Pickering, A.D., Pottinger, T.G. (1985): Factors influencing blood cortisol levels of brown trout under intensive culture conditions. In: Lofts, B., Holms, W.N. (eds.), *Current Trends in Endocrinology*. Hong Kong University, 1239–1242.
- Poli, B.M., Parisi, G., Scappini, F., Zampacavallo, G. (2005): Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management, *Aquaculture International*, 13: 29–49.
- Robb, D.H.F., Warriss, P.D. (1997): How killing methods affect salmonid quality. *Fish Farmer*, Nov/Dec: 48–49.
- Rose, J.D. (2002): The neurobehavioral nature of fishes and the question of awareness and pain. *Reviews in Fisheries Science*, 10: 1–38.
- Roth, B., Birkeland, S., Oyarzun, F. (2009): Stunning, preslaughter and filleting conditions of Atlantic salmon and subsequent effect on flesh quality on freshand smoked fillets, *Aquaculture*, 289: 350–356.
- Roth, B., Imsland, A., Gunnarsson, S., Foss, A., Schelvis-Smit, A. (2007): Slaughter quality and rigor contraction in farmed turbot (*Scophthalmus maximus*); comparison between different stunning methods, *Aquaculture*, 272: 754–761.
- Scherer, R., Augusti, P.R., Bochi, V.C., Steffens, C., Fries, L.L.M., Daniel, A.P., Kubota, E.H., Neto, J.R., Emanuelli, T. (2006): Chemical and microbiological quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) slaughtered by different methods, *Food Chemistry*, 99: 136–142.
- Skjervold, P.O., Faera, P.O., Ostby, P.B., Einen O. (2001): Live chilling and crowding stress before slaughter of Atlantic salmon (*Salmo salar*), *Aquaculture*, 192: 265–280.



- Sneddon, L.U., Braithwaite, V.A., Gentle, M.J. (2002): Do fishes have nociceptors? Evidence for the evolution of a vertebrate sensory system. *Proceedings of the Royal Society, B* 270:1115–1121.
- Tobiassen, T., Sørensen, N.K. (1999): Influence of killing methods on time of death of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Salmo gairdneri*) as measured by behavioural indices of sensibility and reflexes. In: *Proceedings of the “Aquaculture Europe 1999”*, EAS Special Publication. 27, 244.
- Urbiet, F.J., Ginés, R. (2000): Optimisation of slaughtering method in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Industrial application in fish farm, Global quality assessment in Mediterranean aquaculture Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, 2000.
- Van de Vis, H., Oehlenschläger, J., Kuhlmann, H., Munkner, W., Robb, D.H.F., Schelvis-Smit, A.A.M. (2001): Effect of the commercial and experimental slaughter of eels (*Anguilla anguilla* L.) on Quality and Welfare. In: Kestin, S.C. and Warriss, P.D. (eds.), *Farmed Fish Quality*. Fishing News Books, Oxford, 234–248.
- Wilkinson, R.J., Paton, N., Porter, M.R.J. (2008): The effects of pre-harvest stress and harvest method on the stress response, rigor onset, muscle pH and drip loss in barramundi (*Lates calcarifer*), *Aquaculture*, 282: 26–32.
- <http://www.hsa.org.uk/Information/Slaughter/Fish%20slaughter.htm>
- <http://www.seafoodinnovations.com.au/products/si2-comparison.htm>