

# 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](mailto: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 kórokozókvaló 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 tüszúrásra 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 húsanak 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 (CO<sub>2</sub> kábítás, N kábítás, fejre mért ütés) vágják 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/m<sup>3</sup>), de folyamatos vízcserével. 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 lazacot (*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 sügéren (*Dicentrarchus labrax*) és tengeri keszegezen (*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 vágta 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 érzékelik-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 ütést 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 idézzen 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, másrészt 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 (Lambooij 2006).

### ***Iki Jime***

Tradicionalis japán módszer a halfeldolgozás során. Egy hegyes acél szerszámmal széttroncsolják 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 húsminőséget, 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 négy féle 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.
- Lambooij, 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
- Lambooij, 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.
- Lambooij, 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
- Lambooij, 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.
- Urbietta, 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>