

ci from slightly fermented sausages. *Int. J. Food Microbiol.* 107; 148-158.

Martin, A., B. Colin, E. Aranda, M. J. Benito, M. G. Cordoba (2007): Characterization of Micrococcaceae isolated from Iberian dry-cured sausages. *Meat Sci.* 75, 696-708.

Mauriello, G., A. Casaburi, G. Blaiotta, F. Villani (2004): Isolation and technological properties of coagulase negative staphylococci from fermented sausages of Southern Italy. *Meat Sci.* 67, 149-158.

Montville, T. J., K. R. Matthews (2005): Biologically Based Preservation and Probiotic Bacteria. U: *Food Microbiology – an introduction*, ASM Press, Washington, 311-320.

Nissen, H., A. Holck (1998): Survival of *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella kentucky* in Norwegian fermented, dry sausage. *Food Microbiol.* 15, 273-279.

O'Sullivan, L., R. P. Ross, C. Hill (2002): Potential of bacteriocin-producing lactic acid bacteria for improvements in food safety and quality. *Biochimie* 84, 593-604.

Papamanoli, E., P. Kotzekidou, N. Tzanetakis, E. Litopoulou-Tzanetaki (2002): Characterization of Micrococcaceae isolated from dry fermented sausage. *Food Microbiol.* 19, 441-449.

Ross, R. P., S. Morgan, C. Hill (2002): Preservation and fermentation: past, present and future. *Int. J. Food Microbiol.* 79, 3-16.

Samelis, J., J. Metaxopoulos, M. Vlasi, A. Pappa (1998): Stability and safety of traditional Greek salami – a microbiological ecology study. *Int. J. Food Microbiol.* 44, 69-82.

Schillinger, U. F.-K. Lücke (1987): Identification of lactobacilli from meat and meat products. *Food Microbiol.* 4, 199-208.

Stiles, M. E. (1996): Biopreservation by lactic acid bacteria. *Anton Leeuw. Int. J. G.* 70, 331-345.

Työppönen S., E. Petäjä, T. Mattila-Sandholm (2003a): Bio-protectives and probiotics for dry sausages. *Int. J. Food Microbiol.* 83, 233-244.

Työppönen (nee Erkkilä), S., A. Markkula, E. Petäjä, M.-L. Suihko, T. Mattila-Sandholm (2003b): Survival of *Listeria monocytogenes* in North European type dry sausages fermented by bioprotective meat starter cultures. *Food Control* 14, 181-185.

Urso, R., G. Comi, L. Cocolin (2006a): Ecology of lactic acid bacteria in Italian fermented sausages: isolation, identification and molecular characterization. *Syst. Appl. Microbiol.* 29, 671-680.

Vermeiren, L., F. Devlieghere, J. Debevere (2004): Evaluation of meat lactic acid bacteria as protective cultures for the biopreservation of cooked meat products. *Int. J. Food Microbiol.* 96, 149-164.

Zdolec, N., M. Hadžiosmanović, L. Kozačinski, I. Filipović (2005a): Utjecaj bakteriocina na mikrobiološku kakvoću fermentiranih kobasica. *Meso VII*, 3; 43-47, 2005.

Zdolec, N., M. Hadžiosmanović, L. Kozačinski, Ž. Cvrtila, I. Filipović (2006): Influence of *Lactobacillus sakei* on *Listeria monocytogenes* growth during the ripening of Croatian traditionally fermented sausage. 3rd Central European Congress on Food (CEFOOD), Sofija, Bugarska, 24-26.05.2006. CD Proceedings.

Prispjelo/Received 5.1.2007.

Prihvaćeno/Accepted 26.2.2007. ■

OMAMLJIVANJE RIBA

Filipović¹, I., K. Bojanić², L. Kozačinski¹, M. Hadžiosmanović¹, Z. Cvrtila¹, N. Zdolec¹

SAŽETAK

U radu je opisan utjecaj različitih metoda omamljivanja i usmrćivanja riba na kakvoću njihovog mesa. Pojedine, manje humane metode omamljivanja indiciraju sekundarni stresni odgovor u riba, koji za posljedicu ima bržu razgradnju ATP-a u mišićju, brži pad pH, te brži nastup i otpuštanje mrtvačke ukočenosti. Nadalje, stres nastao prilikom omamljivanja i usmrćivanja riba može imati i negativan utjecaj na teksturu mesa, kao i na održivost. Odabir prikladne metode ovisi i o vrsti i veličini ribe.

Ključne riječi: metode omamljivanja, dobrobit riba, kakvoća mesa

UVOD

Kakvoća, sigurnost i zdravstvena ispravnost hrane primarna su briga i općeprihvaćeni koncept zaštite zdravlja ljudi. Ne manje značajni su i etički aspekti proizvodnje hrane, prije svega zaštita okoliša i dobrobit životinja. U tom su smislu sve glasnjiji zahtjevi za primjenom humanih postupaka pri izlovu riba iz ribogojilišta (Cooke, 2001). Tri su glavna zahtjeva humanog usmrćivanja: smanjivanje uzbuđenja, boli i patnje prilikom postupka usmrćivanja, postizanje neosjetljivosti životinje na bol unutar jedne sekunde

¹ Ivana Filipović, dr. vet. med. znanstvena novakinja - asistentica; dr. sc. Lidija Kozačinski, izvanredna profesorica; dr. sc. Mirza Hadžiosmanović, redoviti profesor; dr. sc. Željka Cvrtila, viši asistent; Nevijo Zdolec, dr. vet. med., znanstveni novak - asistent

² Krunoslav Bojanić, dr. vet. med, Zagreb

od primjene bilo koje metode omamljivanja ili postupka usmrćivanja, te trajanje stanja neosjetljivosti u koje je životinja dovedena omamljivanjem do konačnog usmrćivanja životinje (Lines i sur., 2003). Osim s etičkog, humani postupci usmrćivanja riba važni su i s gledišta kakvoće mesa, jer se smatra da na nju imaju pozitivan utjecaj. Povećana mišićna aktivnost uzrokovana stresom kod usmrćivanja utječe na postmortalne biokemijske procese, uglavnom na povećanu glikolizu i razgradnju ATP-a, što može dovesti do neželjenih promjena fizikalnih parametara i parametara svježine ribe (Poli i sur., 2005). Naime, stres kojem je životinja podvrgnuta netom prije usmrćivanja povećava koncentraciju mliječne kiseline, snižava pH mišićja ribe nakon smrti, te ubrzava nastup *rigor mortis* (Azam i sur., 1989; Proctor i sur., 1992; Marx i sur., 1997, 2002; Poli i sur., 2005; Wills i sur., 2006). Postupci omamljivanja i usmrćivanja riba koji se komercijalno upotrebljavaju (smrt na zraku, ledu, narkoza s CO₂ u kombinaciji s iskrvarenjem), većinom nisu u skladu s humanim pristupom (Robb, 2001).

METODE OMAMLJIVANJA I USMRĆIVANJA RIBA

Smrt na zraku (asfiksija) je najstarija metoda usmrćivanja, pri kojoj se ribu nakon izlova ostavlja da ugine na zraku. Općenito, viša temperatura okoliša rezultira bržim ugibanjem riba. Metoda je karakterizirana prolongiranim vremenom agonije prije smrti. Neke ribe poput šarana i jegulje su naročito otporne na hipoksiju (Poli i sur., 2005). Pastrva kroz 15 minuta na zraku dosegne omamljenost, orada za 25, a lubin u 60 minuta (Kestin i sur., 1991; Robb, 2001; Poli i sur., 2005). Eksperimentalno je potvrđeno da ova metoda usmrćivanja u orade ne dovodi odmah do disfunkcije mozga, te su registrirani pokušaji bijega (Van de Vis i sur., 2003), kao i kod lubina (Poli i sur., 2005). Zbog svega navedenoga smatra se da metoda nije humana te može uzrokovati neželjene promjene u održivosti ribe i njenoj kakvoći zbog stresa kojemu je riba podvrgnuta tijekom usmrćivanja (Poli i sur., 2005).

Asfiksija u ledenoj vodi se u mediteranskim zemljama koristi za usmrćivanje manjih ribljih vrsta, te u Velikoj Britaniji za pastrvu (Poli i sur., 2005). Metoda se svodi na pothlađivanje pri čemu temperatura tijela brzo pada, kao i metabolizam, a riba umire

od anoksije. Vrijeme do nastupa omamljenosti može biti dugo, za šarana 20 minuta, a pastrvu od 28 do čak 198 minuta (Kestin i sur., 1991; Poli i sur., 2005; Scherer i sur., 2006), što predstavlja izraziti stres za ove riblje vrste. Međutim, za toplovodne mediteranske vrste kao što je lubin, eksperimentalno je dokazano da metoda nije naročito stresna, osobito u usporedbi s asfiksijom na zraku (Poli i sur., 2005 cit. Poli i sur., 2002). Unatoč oprečnim rezultatima metoda se općenito smatra nehumanom jer ne dovodi odmah do gubitka moždane funkcije (Robb i Kestin, 2002; Van de Vis i sur., 2003; Scherer i sur., 2006). Naime, čak i u toplim podnebljima temperaturni šok nastao uranjanjem ribe u mješavinu morske vode s ledom (omjer 1:3) ne dovodi i do gubitka svijesti, iako ima za posljedicu imobilizaciju riba, te se riba čini neosjetljivom (Robb i Kestin, 2002; Lines i sur., 2003). Jedan od razloga zašto se i dalje koristi ova metoda, a proizvođači ga često citiraju je taj da brzo pothlađivanje poboljšava kakvoću ribe i produljuje održivost smanjenjem autolitičkih procesa i mišićne aktivnosti netom prije ugibanja riba (Robb i Kestin, 2002).

Usmrćivanje iskrvarenjem, odnosno iskrvarenje riba prerezivanjem škrga, metoda je koja se upotrebljava u lososa u Velikoj Britaniji i Norveškoj. Utvrđeno je da ova metoda nije u skladu s humanim pristupom jer se pri usmrćivanju pojavljuju siloviti pokreti riba te ne dolazi odmah do gubitka svijesti (Robb i sur., 2000).

Narkoza s CO₂ u kombinaciji s iskrvarenjem metoda je koja se široko primjenjuje, najčešće pri usmrćivanju lososa i pastrve (Poli i sur., 2005). Riba se smještaju u vodu zasićenu s CO₂, što dovodi do snižavanja pH krvi i toksičnog djelovanja na mozak. Nakon omamljivanja ribu se usmrćuje prerezivanjem škrga. No, metoda se smatra nehumanom zbog pojave brzih i silovitih reakcija, te pokušaja bijega i abnormalnih aktivnosti prije pojave same omamljenosti. Imobilizacija se postiže unutar 2-4 minute nakon primjene narkoze, ali riba i dalje ostaje pri svijesti, a vrijeme potrebno za postizanje nesvjesnosti ovisi o vrsti (Poli i sur., 2005). Metoda se sve manje upotrebljava zbog povećane brige za dobrobit riba (Lines i sur., 2003).

Omamljivanje perkusijom upotrebljava se uglavnom prilikom usmrćivanja lososa te drugih velikih

riba, kada je isplativo pojedinačno usmrćivanje ribe (Poli i sur., 2005). Ribe se omamljuju jakim udarcem u glavu. Metoda nije lako primjenjiva budući da udarac mora biti precizan i dovoljno jak kako bi se osigurao trajni gubitak osjetljivosti. Za omamljivanje lososa razvijen je automatski pneumatski pištolj (Marx i sur., 1997; Robb i sur., 2000; Van de Vis, 2001). Navedena metoda je jedna od najbržih i najmanje stresnih, te se smatra humanom ukoliko je pravilno primijenjena, ali je prezahtjevna za omamljivanje manjih riba (Poli i sur., 2005).

Usmrćivanje klinom upotrebljava se za usmrćivanje tune i lososa, a podrazumijeva fizikalnu destrukciju mozga oštrim klinom (Poli i sur., 2005). Omamljivanje može biti trenutno, ali metoda je brza i učinkovita samo ako je precizno i dobro primijenjena što nije lako izvedivo u industrijskim uvjetima. U suprotnom, izaziva patnju životinja (Van de Vis i sur., 2001; Poli i sur., 2005). Nadalje, precizna primjena metode ponekad je ometana i pokretima riba koje pokušavaju pobjeći (Robb i Kestin, 2002).

“Slana kupka” u kombinaciji s evisceracijom metoda je koja se koristi za usmrćivanje jegulja. Naime, jegulje se u trajanju od 10-20 minuta stave u NaCl ili mješavinu NaCl i Na₂CO₃ kako bi se očistile od sluzi. Nakon ove faze slijedi ispiranje te evisceracija. Pokušaji bijega pojavljuju se najmanje 3 minute nakon dodavanja soli, a ribe ostaju pri svijesti sve do same evisceracije (van de Vis i sur., 2001). Cijeli postupak može trajati do jednog sata te se zbog navedenog smatra izrazito nehumanim (van de Vis i sur., 2001; Robb i sur., 2002).

Električno omamljivanje riba primjenjuje se sve više u praksi, a smatra se jednom od najhumanijih metoda ukoliko je provedena optimizacija električnih parametara za svaku pojedinu vrstu (van de Vis, 2003; Poli i sur., 2005). Ovom metodom može se trenutno izazvati imobilizacija i gubitak svijesti te tako spriječiti premortalni stres (Roth i sur., 2002; Van de Vis, 2003). No s druge strane, ako električni parametri nisu optimizirani električno omamljivanje može uzrokovati brze i agresivne reakcije, točkasta krvarenja te frakturu kralježnice ovisno o intenzitetu i trajanju omamljivanja (Roth i sur., 2002; Roth i sur. 2003.; Poli i sur., 2005). Robb i sur. (2002) su dokazali da je potrebna regulacija frekvencije, magnitude i trajanja izmjenične struje da bi se

osigurala omamljenost pastrve koja bi zadovoljila aspekte dobrobiti, dok su Lines i sur (2003) prilagodili postupak električnog omamljivanja pastrva za industrijsku uporabu, prilagodivši parametre električnog polja. Naime, autori su opisali postupak koji omamljuje ribu ne uzrokujući oštećenja ni kralježnice ni mišićja riba.

Omamljivanje dušikom se može koristiti kao učinkovita metoda omamljivanja pastrva (Wills i sur., 2006), te se može kombinirati s električnim omamljivanjem (van de Vis i sur., 2003). Naime, potonji autori humanom metodom smatraju omamljivanje jegulja električnom strujom u kombinaciji s dušikom. Uporaba dušika za omamljivanje drugih vrsta te uporaba različitih plinova ili njihove mješavine trebala bi biti predmetom daljnjih istraživanja (Wills i sur., 2006).

Kombiniranje različitih metoda usmrćivanja može biti zadovoljavajuća strategija za udovoljavanje zahtjevima dobrobiti životinja ali i kakvoće proizvoda (Poli i sur., 2005).

UTJECAJ RAZLIČITIH METODA OMAMLJIVANJA I USMRĆIVANJA RIBA NA KAKVOĆU MESA

Mnogi autori istraživali su djelovanje različitih metoda omamljivanja i usmrćivanja na pojedinim ribljim vrstama. Tako su Azam i sur. (1990) uspoređivali metode omamljivanja na pastrvi. Meso ribe omamljene strujom i CO₂ imalo je višu inicijalnu koncentraciju mliječne kiseline, te nešto niži pH nego u riba koje su omamljene perkusijom, ali nisu primijećene razlike u drugim parametrima kakvoće tijekom 15 dana pohrane, kao ni omekšavanje mesa. Autori su međutim uočili razlike u nastanku i trajanju rigora, te ukazali na potreban daljnji rad u ovom području. Naime, utvrdili su da je nakon omamljivanja i usmrćivanja hipotermijom nastup rigora najbrži, dok ga udarac u glavu može odgoditi i do 18 sati.

Marx i sur. (1997) su istraživali metode omamljivanja na šaranu, jegulji i pastrvi s aspekta dobrobiti i kvalitete mesa po parametrima: pH, sposobnosti vezanja vode i nastupa *rigor mortis*. Omamljivanje strujom i perkusijom bilo je gotovo trenutno dok je s CO₂ trebalo 3,2 minute za pastrvu, 9,2 za šarana i 109,7 za jegulju. Nakon omamljivanja s CO₂ vrijed-

nost pH i sposobnosti vezanja vode bile su najniže, a najbrži nastup rigora bio je u šarana i jegulje. Ukupnom procjenom je ribom najbolje kvalitete. smatrana ona omamljena perkusijom.

Van de Vis i sur. (2003) istraživali su utjecaj električnog omamljivanja na kakvoću mesa lososa, orade i jegulja iz uzgoja. Autori smatraju omamljivanje lososa s ugljičnim dioksidom u kombinaciji s iskrvarenjem i samo iskrvarenje nehumanim metodama usmrćivanja, te su predložili električno omamljivanje kao humanu metodu. Ako se metoda pravilno primijeni, nakon optimizacije električnih parametara mogu se izbjeći točkasta krvarenja u mišićju ribe. Orada iz uzgoja još uvijek se ne omamljuje humanim postupcima, već je riječ o afiksiji na zraku ili poleđivanju, dok je perkusija, kao i omamljivanje strujom sukladna suvremenim zahtjevima. Između orade omamljene perkusijom i orade omamljene pothlađivanjem nije bilo značajnijih razlika u kakvoći mesa. Autori su pri omamljivanju jegulja upotrijebili struju od $0,64 \text{ A/dm}^2$ kroz 1 s te $0,17 \text{ A/dm}^2$ uz upotrebu dušika kroz 5 minuta. Ocjena kakvoće mesa jegulja ukazala je na prednosti potonjeg postupka.

Roth i sur. (2002) su istraživali utjecaj omamljivanja ugljičnim-dioksidom, perkusijom i električnošću na *rigor mortis* i teksturu atlantskog lososa. Zaključili su da premortalni stres za vrijeme omamljivanja s CO_2 uzrokuje brži nastup, kraće trajanje rigora i ubrzava smekšavanje mesa naspram druge dvije metode koje nisu imale međusobno značajne razlike.

Morzel i sur. (2003) su svojim istraživanjem metoda omamljivanja na iverku, došli do saznanja da iverak omamljen metodom perkusije ima viši pH i sadržaj vode, te najduži period do pojave mrtvačke ukočenosti. Riba usmrćena strujom najbrže su ulazile u *rigor mortis* i imale su najmekše meso. Autori su zbog navedenog zaključili da je najbolja metoda omamljivanja iverka perkusija.

Scherer i sur. (2005) su proučavali učinak električnog omamljivanja i asfiksije ledenom vodom na bijelom amuru. Ustanovili su da struja trenutno omamljuje ribu i ne uzrokuje krvave mrlje u mesu, te da riba omamljena strujom ima bržu razgradnju ATP-a i brže ulazi u *rigor mortis*. No, nije bilo značajnih razlika u senzornoj ocjeni prema ribi ubijenoj hlađenjem. U nastavku svojih istraživanja Scherer i sur. (2006) su proučavali mikrobiološku

i kemijsku kakvoću bijelog amura omamljenog različitim metodama, tijekom 20 dana pohrane. Pothlađena riba imala je niži broj mezofilnih i psihrotrofnih bakterija na početku pohrane, ali viši na kraju pohrane u odnosu na ribu omamljenu strujom. Međutim, značajne razlike u održivosti riba omamljenih različitim metodama nisu registrirane.

Poli i sur. (2005) istraživali su metode omamljivanja i usmrćivanja orade, te su eksperimentalno dokazali da su orade uginule od asfiksije podvrgnute najdužem stresu s ranim nastankom rigora i kraćim poluživotom. Pojava rigora registrirana je 3 sata (asfiksija), 6 sati (električno omamljivanje) te 9 sati (perkusijska, ledena voda, CO_2) nakon usmrćivanja. Pothlađivanje riba nije se pokazalo osobito stresnim, a omamljivanje s CO_2 pokazalo se manje stresno za orade nego asfiksija i električno omamljivanje. Najbržom i najmanje stresnom metodom pokazala se perkusija.

U prilog upotrebi struje pri omamljivanju ribe govore rezultati istraživanja Lambooiya i sur. (2006). Istraživali su neuralne promjene i promjene ponašanja na uzgojenom afričkom somu po električnom omamljivanju u kombinaciji s dekapitacijom i hlađenjem. Ustanovili su da se struja može uspješno koristiti kao metoda omamljivanja te da pH vrijednosti mesa ovise upravo o metodi omamljivanja, spolu i lokaciji (koža ili viscera).

Wills i sur. (2006) istraživali su utjecaj omamljivanja pastrva dušikom, perkusijom i asfiksijom na zraku. Koncentracija ATP-a u ribe omamljene dušikom bila je znatno viša ($1,96 \pm 0,36 \mu\text{mol/g}$) nego u ribi koja je uginula od asfiksije ($0,2 \pm 0,11 \mu\text{mol/g}$), ali svejedno niža nego u perkusivno omamljene ribe ($5,9 \pm 0,89 \mu\text{mol/g}$). pH vrijednost ribe omamljene perkusijom ($7,20 \pm 0,06$) bila je znatno viša nego u riba omamljenih dušikom ($6,88 \pm 0,05$) i riba usmrćenih asfiksijom ($6,84 \pm 0,04$).

ZAKLJUČAK

Omamljivanje riba ima veliki utjecaj na postmortalne procese kao što su nastanak i nestanak mrtvačke ukočenosti, te omekšavanje mišićja. Manje stresne metode omamljivanja smanjuju na najmanju mjeru stresni odgovor te na taj način i postmortalne promjene.

S aspekta kakvoće ribe, ali i s aspekta dobrobiti,

pravilna uporaba struje i perkusije najprikladnije su metode za omamljivanje riba.

SUMMARY

STUNNING OF FISH

The paper describes the influence of different methods of stunning and killing of fish on the meat quality. Selection of adequate stunning method is of utmost importance, from the aspect of both fish welfare and its meat quality. Some, less humane methods of stunning induce secondary stress in fish, resulting in more rapid disintegration of ATP in muscles and drop in pH value, as well as in more rapid onset and alleviation of rigor. Furthermore, the stress induced by stunning and killing of fish can have a negative impact on the texture and shelf life of meat. Choice of adequate method depends also on the size and species of fish.

Key words: *Methods of stunning, fish welfare, meat quality*

LITERATURA

Azam, K., I.M. Mackie, J. Smith (1990): Effect of stunning methods on the time of onset, duration and resolution of rigor in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) as measured by visual observation and analysis for lactic acid, nucleotide-degradation products and glycogen. In: Chilling and freezing of new fish products. Sci. Tech. Froid. 1990-3. Proceedings of the meeting of Commission C2 I.I.F.-I.I.R. Aberdeen. 351-358.

Cooke, M. (2001): Ethical considerations for the production of farmed fish-the retailer's viewpoint. In: Farmed Fish Quality (ed. by S.C. Kestin. & P.D. Warriss), pp 116-119, Blackwell, Oxford.

Kestin, S.C., S.B. Wootton, N.G. Gregory (1991): Effect of slaughter by removal from water on visual evoked activity in the brain and reflex movement of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). The veterinary record 128:443-446.

Lambooi, E., R.J. Kloosterboer, M.A. Gerritzen, G. Andre, M. Veldman, H. van de Vis (2006): Electrical stunning followed by decapitation or chilling of African catfish (*Clarias gariepinus*): assessment of behavioural and neural parameters and product quality. Aquaculture Research 37 (1), 61-70.

Lines, J.A., D.H. Robb, S.C. Kestin, S.C. Crook, T. Benson (2003): Electric stunning: a humane slaughter method for trout. Aquacultural Engineering 28, 141-154.

Lines, J., S.C. Kestin (2004): Electrical stunning of fish: the relationship between the electric field strength and water conductivity. Aquaculture 241, 219-234.

Marx, H., B. Brunner, W. Weinzierl, R. Hoffman, A. Stole (1997): Methods of stunning freshwater fish: impact on meat quality and aspects of animal welfare. Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung 204, 282-286.

Morzel, M., D. Sohler, H. van de Vis (2003): Evaluation of slaughtering methods for turbot with respect to animal welfare and flesh quality. Journal of the Science of Food and Agriculture 83(1), 19-28.

Poli, B.M., G. Zampacavallo, F. Iurzan, M. de Francesco, G.

Parisi, G Mosconi (2002): Biochemical stress indicators changes in sea bass as influenced by slaughter method. In: Proceeding of the „Aquaculture Europe 2002: Sea Farming Today and Tomorrow“. Special Publication 32,429-430.

Poli, B.M., G. Parisi, F. Scappini, G. Zampacavallo (2005): Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. Aquaculture International 13, 29-49.

Proctor, M.R.M., I.A. Ryan, J.V. McLoughlin (1992): The effects of stunning and slaughter methods on changes in skeletal muscle and quality of farmed fish. Proceedings from TNO, The Netherlands, International Conference Upgrading and Utilization of Fishery Products.

Robb, D.F.H., S.B. Wotton, J. McKinstry, N.K. Sorensen, S.C. Kestin (2000): Commercial slaughter methods used on Atlantic salmon: determination of the onset of brain failure by electroencephalography. Veterinary record 147, 298-303.

Robb, D.F.H. (2001): The relationship between killing methods and quality. In: Farmed Fish Quality (ed. by S.C. Kestin. & P.D. Warriss), pp. 220-233. Blackwell, Oxford

Robb, D.F.H., S.C. Kestin (2002a): Methods used to kill fish: field observation and literature reviewed. Animal welfare 11. 269-282.

Robb, D.F.H., S.B. Wotton, J.W. van de Vis (2002b): Pre-slaughter electrical stunning of eels. Aquaculture research, 33, 37-42.

Roth, B., J.O. Veland, D. Moeller, A. Imsland, E. Slinde (2002): The effect of stunning methods on rigor mortis and texture properties of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Journal of Food Science 67, 1462-1466.

Roth, B., S. Imsland, D. Moeller, E. Slinde (2003): Effect of electric stunning and current duration on stunning and injuries in market sized Atlantic salmon held in sea water. North American Journal of Aquaculture 65, 8-13.

Scherer, R., P.R. Augusti, C. Steffens, V.C. Bochi, L.H. Heckthauer, R. Lazzari, J. Radunz-Neto, S.C. Pomblum, T. Emanuelli (2005): Effect of Slaughter Method on Postmortem Changes of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*) stored in Ice. J Food Sci 70(5):C348-353.

Scherer, R., P.R. Augusti, V.C. Bochi, C. Steffens, L.L. Martins Fries, A.P. Daniel, E.H. Kubota, J.R. Neto, T. Emanuelli (2006): Chemical and microbiological quality of grass carp slaughter by different methods. Food Chemistry 99, 136-142.

Van de Vis, H., J. Oehlenschläger, H. Kuhlmann, W. Munker, D. Robb, A.A.M. Shelvis-Smit (2001): Effect of the commercial and experimental slaughter of eels (*Anguilla anguilla* L.) on Quality and Welfare. In: Farmed Fish Quality (ed. by S.C. Kestin. & P.D. Warriss), Blackwell, Oxford. 234-245.

Van de Vis, H.J, S. Kestin, D. Robb, J. Oehlenschläger, B. Lambooi, W. Munker, H. Kuhlmann, K. Kloosterboer, M. Tejada, A. Huidobro, H. Ottera, B. Roth, N.K. Serensen, L. Akse, H.Byrne, P. Nesvadba (2003): Is humane slaughter of fish possible for industry? Aquaculture Research 34, 211-220.

Wills, C.C., G. Zampacavallo, B.-M. Poli, M.R.M. Proctor, T.M. Gary (2006): Nitrogen stunning of rainbow trout. International Journal of Food Science and Technology 41, 395-398.

Prispjelo/Received 11.1.2007.

Prihvaćeno/Accepted 7.3.2007. ■