

# Utjecaj metoda za omamljivanje i usmrćivanje na kvalitetu mesa riba

Mikuš, Tomislav<sup>1</sup>, Lidija Kozačinski<sup>1</sup>, Mario Ostović<sup>1</sup>

## Sažetak

Iako su uzgajane ribe obuhvaćene Uredbom Vijeća (EZ) br. 1099/2009 o zaštiti životinja u trenutku usmrćivanja, samo je opća odredba iz članka 3. primjenjiva na uzgajane ribe. Cilj ovog rada bio je obuhvatiti i objasniti manje poznate kao i komercijalno upotrebljive metode usmrćivanja i omamljivanja riba i prema podacima iz literature usporediti njihov utjecaj na dobrobit riba i kvalitetu njihovog mesa. Metode su podijeljene na dvije velike skupine prema vremenu potrebnom da omame ili usmrte ribe, a poseban je naglasak stavljen na metode koje preporučuje EFSA.

**Ključne riječi:** omamljivanje, usmrćivanje, dobrobit, kvaliteta, meso, ribe

## 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 (Filipović i sur, 2007.). Dobrobit riba u usporedbi s dobrobiti ostalih životinja u uzgoju do nedavno nije bila popularna tema. O dobrobiti riba se i dalje vode velike rasprave, a Europska je komisija zbog premale količine podataka zaštitu riba kod usmrćivanja, gotovo u potpunosti izostavila iz Regulative 1099/2009, te se na njih odnosi samo opća odredba iz članka 3. stavka 1. koja glasi: „Životinje moraju biti pošteđene svake nepotrebne boli, nelagodice ili patnje tijekom usmrćivanja ili povezanih postupaka.” (ANON., 2018). Dobrobit akvatičnih organizama je kompleksno poimanje njihova vladanja na

osnovu fizioloških potreba, zdravlja i reprodukcije. Ono uvijek uključuje odnos ljudi prema životinjama pa se u tom kontekstu često govori o narušenoj odnosno smanjenoj dobrobiti. Dobrobit životinja koje žive u vodi iskazuje se kroz fiziološke pokazatelje, kao izazivače stresa, te pokazatelje vladanja, kao što su primjerice promjene poput neobičajenog načina plivanja (Veljačić i Tofant, 2009.). Metode koje se koriste za usmrćivanje riba u pravilu su razvijene kako bi olakšale proizvodne procese obrade i prerade riba, odnosno kako bi meso riba bilo zadovoljavajuće kvalitete. Većina metoda usmrćivanja riba se za ostale vrste životinja ne bi nikada uzela u obzir. Zbog široke rasprostranjenosti akvakulture u svijetu, postoje mnoge metode za usmrćivanje riba, no sve se one mogu podijeliti na dvije velike skupine, spore i brze metode.

<sup>1</sup> dr. sc. Tomislav Mikuš, viši asistent-postdoktorand; dr. sc. Lidija Kozačinski, profesorica u trajnom zvanju, dr. sc. Mario Ostović, izvanredni profesor; Sveučilište u Zagrebu Veterinarski fakultet, Heinzelova 55, 10000 Zagreb

\*Autor za korespondenciju: [tmikus@vef.hr](mailto:tmikus@vef.hr)

## Spore metode usmrćivanja riba

Ove se metode najčešće upotrebljavaju na ribama u skupinama, kako bi se ribe obradile brzo i efikasno. Ne uzrokuju trenutačan gubitak svijesti. Tako osmišljene, jeftine su u pogledu vremena i ljudskog rada.

### a) Gušenje

Većina riba ugiba kada ih se drži na zraku zbog toga što škrge (točnije - škržne lamele) nisu u mogućnosti obavljati izmjenu plinova. Ovaj način usmrćivanja riba vjerojatno je najrašireniji na svijetu, a tako se usmrćuje sitnije uzgojene ribe kao npr. pastrva. Vrijeme potrebno da bi riba uginula ovisi o vrsti ribe i temperaturi zraka. Vrste riba koje su prilagođene vremenskim periodima života izvan vode (jegurje), mogu na zraku preživjeti značajno duže od ostalih. Većina riba ugiba brže na višim temperaturama, što je vjerojatno povezano s bržim metabolizmom i bržim trošenjem kisika. Kako se gušenje vrlo često koristi za usmrćivanje riba, pretpostavlja se da je riba usmrćena na ovaj način komercijalno prihvatljive kvalitete. Kestlin i sur. (1997.) nisu pronašli gotovo nikakvih krvarenja kod riba usmrćenih ovom metodom, za razliku od riba usmrćenih električnom strujom. No, trebamo uzeti u obzir da postoji mogućnost pojave nekih neprijavljenih štetnih utjecaja. Mochizuki i Sato (1994.) govore o usmrćivanju *Trachurus japonicus* gušenjem kada je utvrđena povišena količina mliječne kiseline i ubrzana pojava rigor mortis, u usporedbi s ribama usmrćenima potapanjem u vodu s ledom ili ozljeđivanjem leđne moždine.

### b) Gušenje na ledu ili ledenoj vodi

Uzgojene se ribe također često usmrćuju polaganjem na usitnjeni led ili uranjanjem u vodu s ledom. Ukoliko se uranjaju u vodu s ledom, voda se obično odlije nakon desetak minuta, odnosno nakon što se ribe prestanu gibati. Ova se metoda koristi često za vrste kao što su: kalifornijska pastrva (*Oncorhynchus mykiss*), orada (*Sparus auratus*) i brancin (*Dicentrarchus labrax*). Ribama iz umjereno toplih voda potrebno je duže vremensko razdoblje da bi izgubile moždane funkcije kada su usmrćivane na ledu, nego gušenjem na zraku. Kalifornijskoj pastrvi je potrebno 9,6 minuta do gubitka moždanih funkcija u vodi s ledom, dok joj je na zraku ( $T=14\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) potrebno 3,0 minute (Kestlin, 1991.). S

druge strane u istraživanju provedenom na oradama iz Mediterana, rezultati su pokazali da kod tih riba (izvađene iz mora temperature  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) gubitak moždane aktivnosti nastupa gotovo u jednakom vremenskom periodu kao i kada ih se stavi na zrak. (ROBB, 1998.). Još uvijek nije u potpunosti jasno kako uranjanje ribe u vodu s ledom djeluje na organizam, koliko je, i je li uopće bolno.

### c) Iskrvarenje

Mnoge velike ribe, kao npr. Atlantski losos (*Salmo salar*) i tuna (*Thunnus spp.*) su iskrvarene nakon omamljivanja da bi se poboljšala kvaliteta trupa (mesa). Iskrvarenje se rutinski koristi u nekim regijama svijeta na vrstama kao što su losos (Robb i sur., 2000.a.) ili kanalski som (Bogge i sur., 1973.). Da bismo iskrvarenje kvalitetno obavili potrebno je škrge prerezati, ili iščupati te ribu vratiti u vodu kako bi iskrvarila. Iskrvarenje je samo po sebi spora metoda za ubijanje riba, a kao i kod prethodno spomenutih, ribama koje dolaze iz hladnijih voda potrebno je duže vrijeme da bi izgubile moždanu aktivnost (Robb i sur., 2000.a.). Ova se metoda koristi kako bi se izbjegla točkasta krvarenja u mišićju te pridonijelo višoj kvaliteti mesa (boja i okus). No, prema mnogim istraživanjima nije dokazano da je iskrvarenje brže ili kvalitetnije ukoliko riba nije prethodno omamljena (Wilkins i Gregory, 1985.), te se stoga sa stajališta dobrobiti preporučuje prvo ribe omamiti, a zatim iskrvariti.

### d) Omamljivanje s $\text{CO}_2$

$\text{CO}_2$  lako je topiv u vodi i ima omamljujuća svojstva na ribe stavljene u vodu zasićenu ovim plinom. U Norveškoj se  $\text{CO}_2$  upotrebljava za usmrćivanje ili omamljivanje lososa prije iskrvarenja.  $\text{CO}_2$  se otapa u morskoj vodi do pada pH od oko 4,5 i stabilizacije, te se smatra da je voda tada zasićena plinom (Anon, 1995.). Za omamljivanje je prema preporukama struke potrebno najmanje oko 4,5 minuta, no ribe se već nakon što se umire (2-3 minute) vade iz vode i iskrvaruju (Robb i sur., 2000.). Da bi zaista došlo do gubitka osjeta kod lososa je potrebno oko 6 minuta aplikacije plina, no kod riba koje bolje podnose anoksiju i značajno dulje. Sa stajališta dobrobiti zabrinjavajuća je činjenica da su ribe dugo imobilizirane a tek onda omamljene, pa se dešava da ih se prerano iskrvaruje.

### e) Evisceracija

Evisceracija kao metoda za usmrćivanje

riba korsiti se prvenstveno kod živih riba bez prethodnog omamljivanja, najčešće na komercijalnim brodovima za izlov ribe. Ova metoda varira, te se razlikuje prema tome koliki se dio unutarnjih organa odstranjuje. Smrt nastupa kao posljedica gušenja i iskrvarenja, a ribe ugibaju za oko 20 (haringa, *Clupea harengus*) do 40 minuta (iverak, *Pluronectus platessa*). Ne postoje podaci o utjecajima na kvalitetu mesa, no s obzirom da je ova metoda raširena u svijetu, kvaliteta mesa je zasigurno zadovoljavajuća.

#### f) Dekapitacija

Dekapitacija kao metoda za usmrćivanje riba koristi se najčešće kod jegulja zbog njihovog oblika tijela i činjenice da ih je izrazito teško ubiti. Zbog blizine mozga i srca, kod kompletnog odstranjivanja glave dolazi i do odstranjivanja srca. Tako dekapitiranoj jegulji potrebno je oko 13 minuta da prestane reagirati na podražaje boli (Verheijen i Flight, 1997.), a 27 minuta za potpun prestanak živčanog podražaja (Robb, 2000.). Dekapitacija se rijetko koristi kod ostalih vrsta riba zbog anatomske građe njihovih tijela. Ne postoje podaci o utjecaju dekapitacije na kvalitetu mesa riba.

#### g) Anestetiци

Za sada se ova metoda najviše primjenjuje u Australiji i Novom Zelandu, a tamo su registrirani i prvi komercijalni pripravci za anesteziju, AQUIS TM. Kod rastapanja ove tvari u vodu u količini od 17 ppm, kod lososa dolazi do gubitka motoričkih funkcija nakon otprilike 30 minuta, a potom se ribe usmrćuju iskrvarenjem ili perkusijom. Za ovaj komercijalni pripravak postoji nekoliko pokazatelja da poboljšava kvalitetu mesa, pa je tako kod lososa pad pH usporen, a samim time meso je crvenije i kompaktnije. Ovaj komercijalni pripravak nije zasad dozvoljen ni u SAD ni u EU, zbog bojazni da bi se molekule ovog anestetika mogle utvrditi u mesu riba.

#### h) Slane kupke

U Nizozemskoj i Njemačkoj je bila komercijalna praksa da se jegulje potapaju u otopinu suhe soli ili tekućeg amonijaka. Glavne karakteristike ovog načina usmrćivanja su bile odvajanje sluzi od ribe, no može doći i do imobilizacije riba, što olakšava daljnje proizvodne procese. Kako jegulje u pravilu vrlo žestoko pokušavaju iskočiti iz ovakvih otopina, i ti pokušaji traju oko 30 minu-

ta (Kestin i sur., 2002.), smatra se da imobilizacija nastupa zbog potpune iscrpljenosti tijela, te je ovaj način usmrćivanja riba u Njemačkoj od 1999. godine zabranjen.

#### i) Potapanje u vodi bez kisika

Postoje eksperimentalni pokušaji da se ribe usmrte u vodi iz koje je ekstrahirano kisik. Ova su istraživanja pokazala da je vrlo teško odstraniti dovoljnu količinu kisika iz vode da bi izazvali neosjetljivost u nekom razumnom vremenskom periodu (Kestin i sur., 1997.). Održavanje ovakve vode je također problematično jer gibanje riba i njihova metabolička aktivnost vodi dodaje atmosferski kisik. Također je dokazano da se ovom metodom javljaju štetni utjecaji, no ipak manji od onih usmrćenih sa CO<sub>2</sub>.

#### j) Elektroimobilizacija i elektrostimulacija

Električna se struja može koristiti za omamljivanje i usmrćivanje riba na nekoliko načina, a ovdje ćemo opisati sustav za usmrćivanje koji se koristi u Danskoj da bi se usmrtilo pastrve. Ovaj sistem propušta izmjeničnu struju niske voltaže kroz veću masu riba nekoliko minuta. Riba su imobilizirane električnom strujom zbog elektrostimulacije mišića. Mišići postanu potpuno iscrpljeni kroz 10 minuta aplikacije. Obzirom da struja ne uzrokuje izostanak boli, a elektro šokovi su bolni, ova metoda može kod riba izazivati velike patnje. Nema podataka o posljedicama na kvalitetu mesu (Azam i sur., 1989.).

#### k) Izlovljavanje strujnim pulsom

Ova se metoda koristi za izlov slatkovodnih riba iz određenih dijelova rijeka ili kanala. Puls usmjerene istosmjerne struje prolazi kroz vodu. Riba postaju elektro imobilizirane kada uđu u područje visoke gustoće te isplivaju na površinu gdje ih se skupi mrežama. Ne postoje podaci o utjecaju ove metode na razinu neosjetljivosti koju izazivaju, no ribe se po povratku u svježju vodu ubrzo vraćaju u normalu. Ovako skupljene ribe pokazuju znakove velikog stresa, a izlov na ovakav način ne uzrokuje neosjetljivost te je za pretpostaviti da ova metoda izaziva veliku patnju kod riba (Sharber i sur., 1994.).

#### Brze metode usmrćivanja riba

Ove metode uzrokuju trenutačan gubitak svijesti.

**a) Perkusivno omamljivanje**

Koristi se uobičajeno u industriji uzgoja lososa (Anon., 1995), te kod komercijalnih ribara (Kramer i Paust, 1988). Ribe se izvade iz vode, sputaju i s jednim ili više udaraca u glavu omame. Uobičajeno se riba izvan vode nalazi 10 s prije udara. Udarac se najčešće aplicira ručno, no postoje i komercijalni sustavi za perkusivno omamljivanje. Kada se izvede pravilno udarac izaziva trenutačan gubitak (Kestin i sur., 1995; Marx i sur., 1997.). Kada se udarac ne izvede pravilno ili s nedovoljno snage, gubitak osjeta nije trenutačan (Kestin i sur., 1995) te nastaju ozljede. Ova metoda nije pogodna za omamljivanje nekih vrsta riba (jegulja, som). Ribe omamljene na ovaj način pokazuju smanjenu fizičku aktivnost kod iskrvarenja, sporiji pad pH te bolju kvalitetu mesa (Azam i sur., 1995.; ROBB, 1998.).

**b) Hidraulički šok**

Postoje mnogi opisi upotrebe eksplozivnih naprava kao metoda za usmrćivanje riba (Kestin, 1996.). Pokusi pokazuju da ukoliko je riba bila dovoljno blizu izvoru eksplozije udarni val rezultira omamljivanjem. Međutim uočene su trupa u obliku krvarenja u mišićju u području zračnog mjehura, pa ribe usmrćene na ovaj način nisu tržišno prihvatljive. Ribe koje se nalaze dalje od izvora eksplozije bile su ozljeđene do razine uginuća, no svakako nisu bile omamljene prije ovog ozljeđivanja (Robb i Kestin, 2002.).

**c) Usmrćivanje klinom i Iki Jime**

Ovi se termini koriste kako bi opisali metode usmrćivanja probijanjem lubanje i mozga (ručno ili strojno). Koriste se kod vrlo vrijednih riba (tuna ili losos) (Robb i Kestin, 2002.). Ribe se vade iz vode i klinom se probija lubanja te ozljeđuje mozak. U nekim se slučajevima (Iki Jime postupak), presijeca trup iza glave ili prije repa te se uništava leđna moždina čeličnom žicom (Robb i Kestin, 2002.). Period vađenja ribe iz vode može trajati od 10 s do minute. Ukoliko se izvede pravilno, gibanje trenutačno prestaje, pa čak i kod soma i jegulje (Robb i sur., 2000.). Zbog malene zapremnine ribljeg mozga potrebna je velika preciznost kod ove metode, te ukoliko se ne provodi pravilno dolazi do ozljeda i imobilizacije, no ne nužno i do neosjetljivosti. Komercijalni sustavi se razvijaju za korištenje u industriji uzgoja lososa. Kao i kod perkusije, ova je metoda poželjna zbog kvalitete mesa.

**d) Pucanje iz vatrenog oružja**

U nekim predjelima Australije i Španjolske velike tune se podižu na površinu mora te ih se usmrćuje pucnjem u glavu sačmaricom ili 0,357 Magnumom. Period do pucnja može potrajati do 30 s. Pucanj vjerojatno uzrokuje trenutačnu smrt ukoliko je precizan. Ova je metoda razvijena kako bi se što brže usmratile visoko vrijedne ribe, te spriječila njihova mogućnost bijega iz mreža. Nedostatak ove metode je to što zvuk koji se proizvodi plaši ostalu ribu u mreži te ih tjera na pojačane pokušaje bijega.

**e) Električno omamljivanje**

Za razliku od do sad opisanih metoda usmrćivanja i/ili omamljivanja riba električnom strujom, ova metoda uzrokuje trenutačnu neosjetljivost. Električno omamljivanje riba istraživano je nekoliko godina (Azam i sur., 1989.). U većini sistema struja od 50 Hz se pušta kroz vodenu kupku s ribama. Ukoliko je napon dovoljan, prestanak gibanja i gubitak osjetljivosti je trenutačan. No, primijećeno je da jegulje pokazuju izrazitu otpornost na ovaj način omamljivanja pa im je potrebno do 5 minuta visokog napona kako bi se omamile na zadovoljavajuće dugačak vremenski period.

Tijekom električnog omamljivanja dolazi do snažnih mišićnih kontrakcija. Kod salmonidnih vrsta ove kontrakcije uzrokuju pad pH odmah nakon omamljivanja te je kvaliteta mesa smanjena. Opisana su i krvarenja u mišićju koja također umanjuju vrijednost i kvalitetu mesa (Kestin i sur., 1997.). Električno omamljivanje nema negativnih utjecaja na kvalitetu mesa jegulja (Van De Vis i sur., 2001.).

**Preporuke Europske komisije**

Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) izdala je seriju znanstvenih mišljenja Odbora za zdravlje i dobrobit životinja donesenih na zahtjev Europske komisije (EK). Znanstvena se mišljenja pojedinačno po vrstama osvrću na dobrobit u glavnim sustavima omamljivanja i usmrćivanja uzgajane ribe i do sada su publicirana mišljenja o: atlantskom lososu, šaranu, brancinu, oradi te kalifornijskoj pastrvi (Anon., 2018.). Na temelju publiciranih mišljenja, EK je u izvješću izdvojila nekoliko metoda i navela njihove prednosti i nedostatke (Tablica 1.). Pri sastavljanju izvješća EK je u obzir uzela međunarodne standarde OIE-a o dobrobiti životinja tijekom prijevoza te omamljivanja i usmrćivanja uzgajane ribe za prehranu ljudi upotrije-

bljeni kao i EFSA-ine preporuke o klanju. Istraživanjem na kojem se temelji izvješće obuhvaćeno je petogodišnje razdoblje (2009.–2013.) kako bi se dobio kvalitetniji uvid stvarno stanje.

Od izdvojenih pet metoda, a sukladno navedenom izvještaju, ni jedna od njih u potpunosti ne zadovoljava zahtjeve dobrobiti riba. Osim metoda, upitna je i učinkovitost kao i dizajn opreme koja se koristi u postupcima omamljivanja i usmrćivanja riba.

Sukladno preporukama OIE-a za usmrćivanje uzgajane ribe savjetuje se uporaba električne struje ili mehaničkih metoda (npr. perkusija). Ostale metode, prethodno navedene u tablici 1, ne ispunjavaju standarde OIE-a, a samim time i ne zadovoljavaju standarde dobrobiti riba. Praksa koja se najčešće koristi u uzgojima brancina i orade u Hrvatskoj (ali i u Grčkoj, Italiji i Španjolskoj) - gušenje u ledu ili ledenoj kaši - također ni na koji način ne zadovoljava dobrobit riba.

**Tablica 1.** Pregled metoda omamljivanja, omamljivanja/usmrćivanja i usmrćivanja, njihovih prednosti i nedostataka (preuzeto iz ANON., 2018)

Omamljivanje ili omamljivanje/ usmrćivanje	Vrsta ribe	Prednosti	Nedostaci
Omamljivanje električnom strujom	Atlantski losos Kalifornijska pastrva Šaran	<ul style="list-style-type: none"> <li>Može se postići trenutačno omamljivanje</li> <li>Omogućuje filetiranje prije nastupanja mrtvačke ukočenosti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potrebna je učinkovita metoda usmrćivanja</li> <li>Može doći do oštećenja trupla</li> <li>Može utjecati na kvalitetu proizvoda, može doći do neučinkovitog omamljivanja* zbog različitog otpora među ribama</li> </ul>
Omamljivanje ugljičnim dioksidom (CO <sub>2</sub> )	Kalifornijska pastrva		vrlo stresno
Perkusija	Atlantski losos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Može se postići trenutačno omamljivanje</li> <li>Ako se pravilno provede, nema oporavka</li> <li>Omogućuje filetiranje prije nastupanja mrtvačke ukočenosti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Neučinkovita omamljivanja zbog različite veličine</li> <li>Može doći do oštećenja glave</li> </ul>
	Šaran	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ako se pravilno provede, nema oporavka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ručna primjena može dovesti do neučinkovitog omamljivanja</li> <li>Može doći do oštećenja glave</li> </ul>
	Kalifornijska pastrva	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ako se pravilno provede, nema oporavka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ručna primjena može dovesti do neučinkovitog omamljivanja</li> </ul>
Smrzavanje riba na živo s pomoću CO <sub>2</sub>	Atlantski losos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mrtvačka ukočenost nastupa sporo pa je moguće filetirati ribu prije toga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ribe nisu omamljene</li> <li>Metoda je stresna</li> </ul>
Gušenje u ledu ili ledenoj vodi	Brancin Orada Kalifornijska pastrva	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jednostavna metoda</li> <li>Kvaliteta i sigurnost hrane</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riba osjeća stres zbog naglog pada temperature</li> </ul>

\*Do neučinkovitog omamljivanja dolazi kada primjena metode omamljivanja nije djelotvorna. Za omamljivanje električnom strujom ili udarcem to podrazumijeva da se svijest ne gubi trenutačno.

## Zaključak

Cilj ovog rada bio je obuhvatiti i pojasniti metode koje se koriste za usmrćivanje riba diljem svijeta u komercijalne svrhe. Povijesne – spore metode za usmrćivanje riba i dalje ostaju popularne jer su jednostavne i jeftine te ih se može upotrijebiti na mnogo riba odjednom pa su samim time i ekonomski isplative. Moderne metode su brže, tehnološki zahtjevnije, no nisu nužno i bolje sa

stajališta dobrobiti i/ili kvalitete mesa.

Stajališta potrošača u EU, ali i diljem svijeta sve više su okrenuta spram zaštite dobrobiti riba, stoga se osim tehnologije omamljivanja i usmrćivanja te zadovoljavanja propisanih standarda dobrobiti riba i kvalitete njihovog mesa i ona moraju uzeti u obzir kod razvoja novih metoda.

## Literatura

- [1] **Anonimus (1995)**: Operating manual for the product certification schemes for Scottish quality farmed salmon and smoked Scottish quality salmon. Scottish quality salmon Ltd: Inverness, Scotland, UK
- [2] **Anonimus (2018)**: IZVJEŠĆE KOMISIJE EUROPSKOM PARLAMENTU I VIJEĆU o mogućnosti uvođenja određenih zahtjeva u pogledu zaštite riba prilikom usmrćivanja, EK
- [3] **Azam, K., I. M. Mackie., J. Smith (1989)**: The effect of slaughter method on the quality of rainbow trout during storage on ice, *International Journal of Food Science and Technology*, 24, 69-79.
- [4] **Boggess, T.S. Jr., E. K. Heaton, A.L., Shewfeld, D.W. Parvin (1973)**: Techniques for stunning channel catfish and their effects on product quality. *Journal of Food Science*, 38, 1190 – 1193.
- [5] **Donaldson, E.M. (1981)**: The pituitary – interrenal axis as an indicator of stress in fish. *Stress and fish*, Academic Press. London, UK
- [6] **Filipović, I., K. Bojanić, L. Kozačinski, M. Hadžiosmanović, Z. Cvrtić, N. Zdolec (2007)**: Omamljivanje riba, *MESO*, 9
- [7] **Kestin, S.C., S.B., Wotton, N.G., Gregory (1991)**: Effects of slaughter by removal from water on visual evoked activity in the brain and reflex movement of rainbow trout. *Veterinary record*, 128, 443-446
- [8] **Kestin, S.C., S. Wotton, A. Adams (1995)**: The effect of CO<sub>2</sub>, concussion or electrical stunning of rainbow trout on fish welfare. *Proceedings of Aquaculture Europe '95*, 9-18. 8. Trondheim, Norway.
- [9] **Kestin, S.C., D.H.F. Robb, S. Wotton, P.D. Warris (1997)**: The effect of two methods of electrical stunning on carcass haemorrhages in trout. *Proceedings of Aquaculture Europe '97*, 10-12. 8. Trondheim, Norway.
- [10] **Kestin, S.C., J.W. Van De Vis, D.H.F. Robb (2002)**: A simple protocol for assessing brain function in fish and effectiveness of stunning and killing methods used on fish. *Veterinary record*, 150, 302-307.
- [11] **Marx, H., B. Brunner, W. Weinzierl (1997)**: Methods of stunning freshwater fish: impact on meat quality and aspects of animal welfare, *Zeitschrift fuer Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung A*, 204, 282-286.
- [12] **Mochizuki, S., A. Sato (1994)**: Effects of various killing procedures and storage temperatures on post mortem changes in the muscle of horse mackerel. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 60, 125-130.
- [13] **Robb, D.H.F. (1998)**: Some factors affecting the flesh quality of salmonids: pigmentation, composition and eating quality, *Disertacija*, University of Bristol, UK.
- [14] **Robb, D.H.F., S.B. Wotton, J.L. McKinstry, N.K. Sorensen, S.C. Kestin (2000a)**: Commercial slaughter methods used on Atlantic salmon: determination of the onset of brain failure by electroencephalography, *Veterinary Record*, 147, 298-303.
- [15] **Robb, D.H.F.; S.C. Kestin (2002)**: Methods used to kill fish: field observation and literature reviewed, *Animal Welfare*, 11, 269-282.
- [16] **Robb, D.H.F., M. O' Callaghan, J.A. Lines, S.C. Kestin (2002)**: Electrical stunning of rainbow trout: factors that affect stun duration, *Aquaculture*, 205, 359-371
- [17] **Sharber, N.G., S.W. Carothers, J.P. Sharber, J.C. Jr. De Vos, D.A. House (1994)**: Reducing electrofishing induced injury of rainbow trout. *North American Journal of Fisheries Management*, 14, 340-346.
- [18] **Skjervold, P.O., S.V. Fjaera, P.B. Ostby, O. Einen (2001)**: Live-chilling and crowding stress before slaughter of Atlantic salmon, *Aquaculture*, 192, 265-280.
- [19] **Van De Vis, J.W., J. Oehlenschlaeger, H. Kuhlman, W. Munkner, D.H.F. Robb, A.A.M. Schelvis-Smit (2001)**: Effects of the commercial and experimental slaughter of eels (*Anguilla anguilla*) on quality and welfare, *Farmed Fish Quality*, str. 234-248. Blackwells, Oxford, UK.
- [20] **Veljačić, M., A. Tofant (2009)**: Uzgoj i dobrobit organizama koji žive u vodi; XVI Međunarodno savjetovanje KRMIVA 2009 / Lulić, S. (ur.). - Zagreb : Krmiva d.o.o.
- [21] **Wilkins, L.J., N.G. Gregory (1985)**: Causes of carcass condemnation at a poultry abattoir, *Animal Production*, 40, 573.

Dostavljeno: 18.4.2020

Prihvaćeno: 25.5.2020

## The impact of stunning and killing methods on the quality of fish meat

### ABSTRACT

Farmed fish are covered by Council Regulation (EC) No 1099/2009 on the protection of animals at the time of killing, but only the general provision of Article 3 is applicable to farmed fish. The aim of this paper was to include and explain lesser known as well as commercially usable methods of killing and stunning fish and to compare their impact on fish welfare and quality of their meat according to literature data. The methods are divided into two large groups according to the time required to stun or kill the fish, with special emphasis on the methods recommended by EFSA.

**Key words:** stunning, killing, welfare, quality, meat, fish

## Die Auswirkungen von Betäubungs- und Tötungsverfahren auf die Qualität von Fischfleisch

### Zusammenfassung

Zuchtfische fallen unter die Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 des Rates über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung, aber nur die allgemeine Bestimmung von Artikel 3 ist auf Zuchtfische anwendbar. Ziel dieser Arbeit war es, weniger bekannte sowie kommerziell nutzbare Methoden der Tötung und Betäubung von Fischen zu erfassen und zu erläutern und ihre Auswirkungen auf das Wohlbefinden der Fische und die Qualität ihres Fleisches anhand von Literaturdaten zu vergleichen. Die Methoden werden je nach der Zeit, die zur Betäubung oder Tötung der Fische benötigt wird, in zwei große Gruppen unterteilt, wobei der Schwerpunkt auf den von der EFSA empfohlenen Methoden liegt..

**Schlüsselwörter:** Betäuben, Töten, Wohlbefinden, Qualität, Fleisch, Fisch

## El impacto de los métodos de aturdimiento y de matanza sobre la calidad del pescado

### Resumen

Aunque los peces de cultivo están cubiertos por el Reglamento (CE) no 1099/2009 del Consejo relativo a la protección de los animales en el momento de la matanza, solo la disposición general del artículo 3 es aplicable a los peces de cultivo. El fin de este trabajo fue integrar y explicar los métodos menos conocidos, al igual que los métodos comercialmente utilizables para matar y aturdir a los peces y comparar su impacto sobre el bienestar de los peces y la calidad de su carne según los datos de la literatura. Los métodos están divididos en dos grandes grupos según el tiempo requerido para aturdir o matar a los peces, con el énfasis en los métodos recomendados por la EFSA.

**Palabras claves:** aturdimiento, matanza, bienestar, calidad, carne, pescado

## Impatto del metodo di stordimento e di abbattimento sulla qualità della carne del pesce

### Riassunto

Sebbene i pesci d'allevamento siano ricompresi nel Regolamento (CE) n. 1099/2009 del Consiglio relativo alla protezione degli animali durante l'abbattimento, soltanto le prescrizioni generali dell'articolo 3 sono applicabili ai pesci d'allevamento. Lo scopo di questo studio consiste nel ricomprendere e illustrare metodi di stordimento e di abbattimento dei pesci, in sé meno conosciuti e commercialmente utilizzabili, in base ai dati disponibili in letteratura, e confrontare il loro impatto sul benessere dei pesci e sulla qualità delle loro carni. I metodi sono stati suddivisi in due grandi gruppi in base al tempo necessario per stordire o abbattere il pesce, con l'accento sui metodi raccomandati dall'EFSA (Autorità europea per la sicurezza alimentare).

**Parole chiave:** stordimento, abbattimento, benessere, qualità, carne, pesce