

Utjecaj prakse rukovanja ribom na kvalitetu sitne plave ribe

Gauta, Tonka

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:790608>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-10**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PREHRAMBENO - BIOTEHNOLOŠKI
FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, srpanj 2020.

Tonka Gauta
1254/PI

Utjecaj prakse rukovanja ribom na kvalitetu sitne plave ribe

Rad je izrađen u Laboratoriju za tehnologiju mesa i ribe na Zavodu za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom doc. dr. sc. Tibora Jančija.

Veliko hvala mom mentoru, doc. dr. sc. Tiboru Jančiju, koji je svojim stručnim savjetima i u izvanrednim okolnostima pisanja ovog diplomskog rada bio od velike pomoći te što je uvijek imao strpljenja za moje brojne upite.

Zahvaljujem se i svim mojim kolegicama, prijateljima i sestri koji su uvijek bili tu za mene. Što su bili pomoć i podrška bez kojih ova avantura studiranja ne bi prošla ovako brzo, lako i zabavno.

I na kraju, najveću zaslugu dugujem svojim roditeljima koji su cijelo vrijeme vjerovali u mene i u moj uspjeh, sve ovo bez njih ne bi bilo moguće!

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki
fakultet
Zavod za prehrambeno-
tehnološko inženjerstvo
Laboratorij za tehnologiju mesa i ribe

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Utjecaj prakse rukovanja ribom na kvalitetu sitne plave ribe

Tonka Gauta, 1254/PI

Sažetak:

Riba je jedna od najlakše kvarljivih namirnica zbog čega nepravilno rukovanje te uvjeti skladištenja dovode do fizikalnih, kemijskih, biokemijskih i mikrobioloških promjena, odnosno do narušavanja njene svježine. S obzirom na veći broj postojećih metoda rukovanja ribom u pojedinim fazama lanca „od ulova do stola“, cilj ovog diplomskog rada je dati pregled različitih metoda rukovanja ribom te usporediti utjecaj različitih metoda ulova, hlađenja i održavanja hladnog lanca na kvalitetu sitne plave ribe. Pregledom literature zaključuje se da ukoliko se uobičajena praksa rukovanja ribom zamijeni upotrebom pumpi za ukrcaj ulova te transportom i skladištenjem ulova u izotermičkim sanducima s mješavinom morske vode i leda to može rezultirati boljim očuvanjem kvalitete ribe od ulova do prerade.

Ključne riječi: sitna plava riba, kvaliteta, rukovanje, hlađenje

Rad sadrži: 54 stranice, 22 slike, 2 tablice, 54 literaturna navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u: Knjižnica
Prehrambeno- biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

Mentor: doc. dr.sc. Tibor Janči

Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:

1. prof. dr. sc. Sanja Vidaček Filipec
2. doc. dr. sc. Tibor Janči
3. prof. dr. sc. Ksenija Marković
4. izv. prof. dr. sc. Marina Krpan (zamjena)

Datum obrane: 14. srpnja 2020.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and
Biotechnology
Department of Food Engineering
Laboratory for Meat and Fish Technology

Scientific area: Biotechnical Sciences

Scientific field: Food Technology

Influence of fish handling practice on the quality of small pelagic fish

Tonka Gauta, 1254/PI

Abstract:

Fish is one of the most perishable foods, which is why improper handling and storage conditions lead to physical, chemical, biochemical and microbiological changes, and to the deterioration of its freshness. Given the large number of existing methods of fish handling in certain phases of the chain "from catch to table", the aim of this thesis is to give an overview of different methods of fish handling and compare the impact of different methods of catching, cooling and maintaining a cold chain on the quality of small pelagic fish. A review of the literature concludes that if the usual practice of handling fish is replaced by the use of catch-loading pumps and with the transport and storage of catches in isothermal boxes with a mixture of seawater and ice, this may result in better preservation of fish quality from catch to processing.

Keywords: *small pelagic fish, quality, handling, chill*

Thesis contains: 54 pages, 22 figures, 2 tables, 54 references

Original in: Croatian

Graduate Thesis in printed and electronic (pdf format) version is deposited in:

Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb.

Mentor: *PhD. Tibor Janči, Assistant professor*

Reviewers:

1. *PhD. Sanja Vidaček Filipec, Full professor (president)*
2. *PhD. Tibor Janči, Assistant professor (mentor)*
3. *PhD. Ksenija Marković, Full professor (member)*
4. *PhD. Marina Krpan, Associate professor (substitute)*

Thesis defended: 14 July 2020.

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. SITNA PLAVA RIBA	1
1.2. EKONOMSKA VAŽNOST SITNE PLAVE RIBE.....	3
1.3. VAŽNOST SITNE PLAVE RIBE U HRVATSKOJ	4
1.4. NUTRITIVNA VRIJEDNOST SITNE PLAVE RIBE	6
1.5. PROMJENE NA KVALITETI RIBE I GUBITAK SVJEŽINE	8
1.5.1. Post mortem promjene - mehanizmi kvarenja	9
1.5.2. Metode određivanja svježine i kvalitete	12
2. METODE RUKOVANJA RIBOM OD ULOVA DO PRERADE	14
2.1. METODE ULOVA	15
2.2. METODE UKRCAJA	18
2.3. METODE HLAĐENJA.....	19
2.4. METODE ODRŽAVANJA HLADNOG LANCA	23
3. UTJECAJ RAZLIČITIH METODA RUKOVANJA NA KVALITETU RIBE	25
3.1. UTJECAJ RAZLIČITIH METODA UKRCAJA ULOVA NA KVALITETU RIBE	25
3.2. UTJECAJ RAZLIČITIH METODA HLAĐENJA NA KVALITETU RIBE	33
3.3. UTJECAJ RAZLIČITIH METODA ODRŽAVANJA HLADNOG LANCA NA KVALITETU RIBE	39
4. ZAKLJUČAK	47
5. LITERATURA.....	49

1. UVOD

Srdelu i inćun možemo smatrati glavnim predstavnicima sitne plave ribe jer zajedno čine oko polovice sitne plave ribe u morima svijeta (Checkley J.R i sur., 2017). Ona ima iznimnu gospodarsku važnost u Republici Hrvatskoj, a njen udio u ukupnom ulovu svih morskih organizama u 2014. godini iznosio je 90,5 % (Anonymous, 2014). Sitna plava riba najčešće se lovi okružujućom mrežom plivaricom. Predstavlja najpopularniju i najproduktivniju metodu ulova jer se skoro trećina svjetskog ulova odvija koristeći se upravo ovom metodom (Marčalo i sur., 2019).

Poznato je da je riba jedna od najlakše kvarljivih namirnica. Proizvođači stoga moraju obratiti posebnu pažnju na osiguravanje njezine kvalitete. Nepravilno rukovanje nakon ulova dovest će do fizikalnih, kemijskih, biokemijskih i mikrobioloških promjena u ribi, odnosno narušit će njenu svježinu (Cheng i sur., 2015). Za razliku od većine kopnenih životinja, od ulova ribe do njenog procesiranja proći će značajno više vremena (Barros-Velazques i sur., 2008). Stoga je iznimno važno osigurati pravilno rukovanje prilikom ulova, brzo hlađenje i odgovarajuće održavanje hladnog lanca kroz cijelo vrijeme trajanja ribolovne operacije. Time će se osigurati zadržavanje zadovoljavajuće kvalitete ribe sve do njenog iskrcaja na kopno (Mallikage, 2001).

S obzirom na veći broj postojećih metoda rukovanja ribom u pojedinim fazama lanca „od ulova do stola“, cilj ovog diplomskog rada je dati pregled različitih metoda rukovanja ribom te usporediti utjecaj različitih metoda ulova, hlađenja i održavanja hladnog lanca na kvalitetu sitne plave ribe.

1.1. SITNA PLAVA RIBA

Za ribu za koju se kaže da je pelagička podrazumijeva se da živi u slobodnoj vodi, bez dodira s dnom te da ne ovisi o dnu u pogledu prehrane. Pod pelagičke ribe ubrajamo srdelu, inćun, skušu, lokardu, palamidu, tunu, ali i losos te neke morske pse. Jedna od mnogih definicija sitne pelagične ribe koja je u uporabi navodi da u tu skupinu ubrajamo ribu koja u jatima obitava u pelagijskoj zoni te koje karakterizira visoka horizontalna i vertikalna mobilnost. U odrasloj dobi

dostižu između 10 i 30 cm u dužini. Većina ih obitava u gornjim dijelovima mora pri dubinama od 0-200 metara (Fréon i sur., 2005).

Srdelu i inćun možemo smatrati glavnim predstavnicima sitne plave ribe jer zajedno čine oko polovice male plave ribe u morima svijeta. Prema podacima FAO, u 2012. godini ove dvije vrste činile su 13 % ukupnog svjetskoj ulova ribe. Osim za ljudsku prehranu dio ulovljenih količina otpada na proizvodnju industrijskih ulja, dodataka prehrani ili se koriste kao hrana za životinje. Područja u kojima obitavaju obuhvaćaju sve oceane svijeta te nekoliko kopnenih voda. Zanimljivo je primijetiti da srdele nema jedino u sjeverno-zapadnom dijelu Atlantskog oceana (Checkley J.R i sur., 2017).

Srdela (*Sardina pilchardus*) pripada obitelji *Clupeidae*, red *Clupeiformes* (Tičina, 2007). Prosječna veličina koju postiže iznosi od 15 do 20 cm. Gusta jata srdela danju se nalaze na 25 do 55 metara dubine, a noću na 15 do 35 metara (Tratnik i sur., 2007). Srdele se većinom hrane fitoplanktonima, ali mogu probaviti i veslonošce (Carpi i sur., 2017). Inćun (*Engraulis encrasicolus*) borealna je vrsta iz obitelji *Engraulidae*, reda *Clupeiformes*. U prosjeku doživi 3 do 4 godine i doseže ukupnu duljinu tijela do 20 cm. Stvara velike plove te podnosi širok raspon vrijednosti saliniteta (Tičina, 2007).

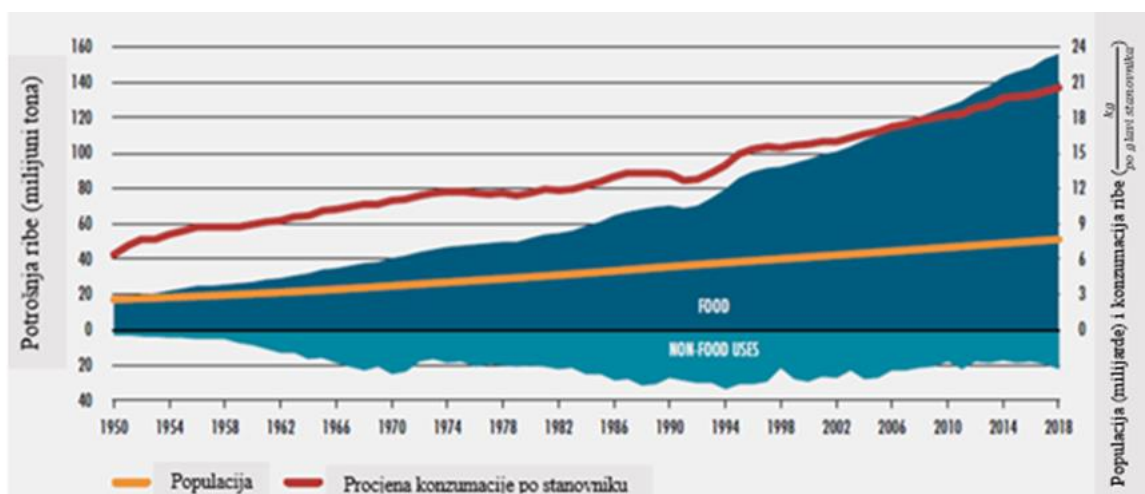
Inćun i srdela, kako u prošlosti tako i danas, glavni su predstavnici male plave ribe kako u Jadranskom moru tako i u cijelom Mediteranu. Obje vrste karakterizira kratki životni vijek. Za srdelu on iznosi 7-8 godina dok za inćun još i kraće, 5-6 godina. Upravo zbog toga ove ribe rano sazrijevaju te imaju dug period mriješćenja. Mriješćenje srdele odvija se u kasnoj jeseni do ranog proljeća, a svoj vrhunac postiže u razdoblju između prosinca i siječnja (Carpi i sur., 2017).

Rasprostranjene su kroz cijeli Jadran, međutim u određenim dijelovima zabilježena je povećana koncentracija određene vrste. Tako je srdela gušće rasprostranjena uz istočnu obalu Jadrana, dok je inćun zastupljeniji uz zapadnu obalu. Sitna pelagična riba za cijelog svog života postupno migrira iz obalnih prema otvorenim područjima. Srdela, kada dođe vrijeme mriješćenja, u hladnijem dijelu godine migrira prema obali. Suprotno njoj, inćun i lokarda migracije uvjetovane mriješćenjem obavljaju u toplijim mjesecima (Kraljević i sur., 2014). Prema Tičini (2007), u Jadranskom moru mriješćenje se odvija u dubljim dijelovima Jadranskog mora i to najčešće na području Kvarnera i Dugog otoka.

Zemlje koje najviše doprinose ulovu sitne prave ribe Jadranskog mora su Italija i Hrvatska. Italija koja je prva po ulovu inćuna dok je Hrvatska predvodnik u ulovu srdele (Carpi i sur., 2017).

1.2. EKONOMSKA VAŽNOST SITNE PLAVE RIBE

U 2018. godini riblja je industrija ostvarila promet od 179 milijuna tona ribljih proizvoda procijenjene vrijednosti od 401 milijardu američkih dolara. 156 milijuna tona otpada na ljudsku konzumaciju te je njihova procjena da se to može prevesti kao 20,5 kg ribe po glavi stanovnika godišnje. Ostatak od 22 milijuna tona iskorišten je većinom za proizvodnju riblje hrane i ribljeg ulja (FAO, 2020). Najveći udio prometa ribljih proizvoda otpada na živu, svježu ili ohlađenu ribu koje su najcjenjenije kod potrošača, a prati ih prodaja zaleđene ribe. Iako je posljednjih godina uloženo mnogo napora u unaprjeđenje procesiranja i distribucije proizvoda ribarstva te su stalni napori usmjereni u smanjenje gubitaka nastalih u razdoblju od ulova do potrošača oni i dalje čine 27 % od ukupno ulovljenih količina (FAO, 2018).



Slika 1. Prikaz godišnjeg rasta potrošnje ribljih proizvoda (prema FAO, 2020).

Konzumacije ribljih proizvoda od 1961. do 2017. godine raste godišnjom stopom od 3,1 %. Godišnji porast konzumacije veći je od onog za ostale životinjske proizvode poput mlijeka i mliječnih proizvoda koji bilježe rast od 2,1 % (FAO, 2020). Populacije zemalja u razvoju u svojoj prehrani imaju veći udio proteina čiji izvor potječe od konzumacije ribe od onih u razvijenim zemljama. Najveću godišnju konzumaciju ribe po glavi stanovnika imaju stanovnici

malih otočnih država u razvoju, posebice Oceanije. Dok najniže godišnje vrijednosti od samo malo iznad 2 kilograma po glavi stanovnika bilježi centralna Azija (FAO, 2018).

Službene statistike FAO ističu da je 2016. godine približno 60 milijuna ljudi bilo angažirano u primarnom sektoru ribarstva, od toga broja 40 milijuna bavi ih se ribolovom. Posljednjih dvadesetak godina vidljiv je značajan pad postotka ljudi koji su zaposleni u ribarstvu dok raste broj onih zaposlenih u akvakulturi (FAO, 2018).

Također, u svojim godišnjim monitorinzima FAO procjenjuje stanje morskih ribolovnih resursa. Prema njihovim podacima raspoloživi riblji fond u stalnom je padu. 1974. godine 90 % ribljeg fonda bilo lovljeno unutar granica biološki održivog, dok je 40 godina kasnije taj postotak pao na 67 % (FAO, 2018). Nakon što su svoj vrhunac ulova postigli sredinom 1980-tih (2 milijuna tona), ribarstvo Mediterana i Crnog mora u konstantnom je padu. Od 2015. godine prema danas iznosi otprilike oko 1,3 milijuna tona godišnje. Stokovi plave ribe, posebice srdele i incuna bilježe biomase koje se nalaze ispod biološki održive razine (FAO, 2020).

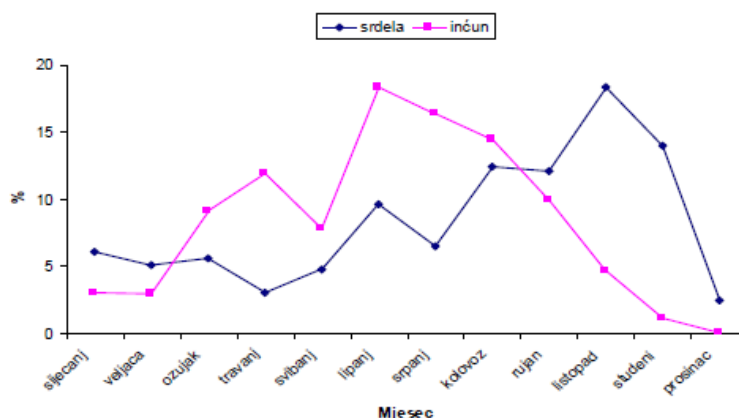
1.3. VAŽNOST SITNE PLAVE RIBE U HRVATSKOJ

Pelagične vrste iznimno su bitne i gospodarski značajne za ribarstvo Republike Hrvatske. Njihov udio u ukupnim lovinama svake godine je sve veći. 2008. godine on je iznosio 84,5 % da bi samo 3 godine kasnije premašio 90 % (Kraljević i sur., 2014). Prema podacima iz 2019. godine, Hrvatska ima ribolovnu flotu od 7559 plovila. Preko 90 % flote čine mali brodovi za obalni ribolov ispod 12 metara dužine. Međutim, najveći ulov, odnosno preko 94 % godišnjeg ulova u RH ostvaruje se plivaricama koje zauzimaju samo 3 % ukupno registriranih plovila (Soldo i sur., 2019). Mreža plivarica spada u okružujuće ribolovne alate koji se koriste za prvenstveno za ulov pelagične ribe. Udio srdele ulovljen drugim vrstama alata u 2008. godini iznosio je tek 1,1 %, a 2011. godini zanemarivih 0,1 % (Kraljević i sur., 2014).

Ukupna količina ulova postignuta plivaricama u 2012. godini iznosila je 56 188 tona, odnosno svako aktivno plovilo ostvarilo je prosječan ulov od 2,4 tone po danu. Plovila od 18 do 24 m su najzastupljenija, odnosno ulov koji se postigne s tom dužinom plovila iznosi 89,7 % (Anonymous, 2014).

Iako se ribolov plivaricama odvija u svim ribolovnim zonama Republike Hrvatske, najveći ulovi zabilježeni su u zoni B koja predstavlja vanjski sjeverni Jadran. Na tom području ulovi se

približno 40 % ukupnog ulova sitne plave ribe. Na slici 2. prikazan je mjesečni ulov srdele i inćuna tijekom 2012. godine. Najveću ulovi srdele zabilježeni su tijekom listopada, a najmanji tijekom travnja. Kao posljedica zatvaranja ribolovne sezone niske su vrijednosti u prosincu. Najveći ulov inćuna je zabilježen u lipnju (Anonymous, 2014).

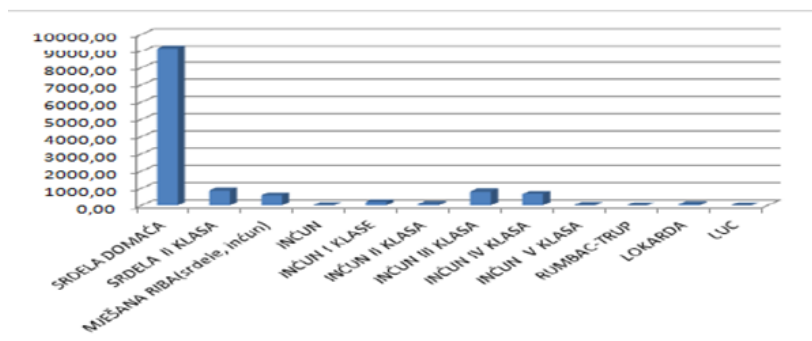


Slika 2. Oscilacija mjesečne količine ulova u 2012. godini (Anonymous, 2014).

Kraljević i suradnici (2014) proveli su istraživanje kojem je cilj bio u vremenskom razdoblju od jedne godine analizirati sastav lovina ostvarenih plivaricom za ulov sitne pelagične ribe na području Republike Hrvatske. Rezultati istraživanja poduprli su prethodno napisane podatke o dominantnim vrstama pelagične ribe u Jadranu. Srdele i inćun bile su dvije dominantne vrste u ukupnoj lovini sa 92,1 %, dok je prilov činio svega 7,9 %.

Mreže plivarice su izrazito selektivne i koriste se za lov na srdele i inćune, a ukoliko dođe do prilova on će se također većinom sastojati od sitnih pelagičnih vrsta ribe. Najviše lokarde (*Scomber japonicus*), bukve (*Boops boops*) i šnjura (*Trachurus mediterraneus* i *Trachurus trachurus*) (Anonymous, 2014).

Slika 3. prikazuje struktura ulova sitne pelagične ribe na uzorku od 20% ukupnog hrvatskog ulova u 2011. godini. Može se uočiti da u ulovu prednjače vrste srdele i inćuna. (Anonymous, 2014).



Slika 3. Struktura ulova sitne pelagične ribe na uzorku od 20% ukupnog hrvatskog ulova (Anonymous, 2014)

Ne smije se smetnuti s uma izrazita gospodarska vrijednost koju mala plava riba ima u Republici Hrvatskoj. Njen udio u ukupnom ulovu svih morskih organizama u 2014. godini iznosio je rekordnih 90,5 %. Većina ulovljenih količina se prodaje prerađivačima ili ribogojilištima, a tek manji udio odlazi na tržnice kao svježa riba (Mustać i Marić, 2016). Ministarstvo poljoprivrede u svom planu upravljanja za mreže plivarice iz 2014. kao svoj opći cilj navodi osiguranje održavanja stokova koji su ulovljeni ovom vrstom opreme unutar sigurnih bioloških granica prema rezultatima procjene stoka glavnih vrsta (srdele, incuni). Važno je naglasiti kako su obrti i poduzeća s povlasticom za ribolov mrežama plivaričama srdelarama jednako zastupljeni duž cijele obale i na otocima te time predstavljaju važnu gospodarsku aktivnost ruralnih područja priobalja i otoka Republike Hrvatske (Anonymous, 2014).

1.4. NUTRITIVNA VRIJEDNOST SITNE PLAVE RIBE

Plava riba općenito, a time i mala plava riba (srdela, incun, skuša, papalina) predstavljaju važan izvor bjelancevina u svakodnevnoj ljudskoj prehrani (Nosić i Krešić, 2015). Osim visokog udjela proteina, ono što malu plavu ribu čini poželjnom hranom je njena brza probavljivost te sastav lipidne frakcije koja je bogata esencijalnim omega-3 masnim kiselinama te je niskog udjela kolesterola (Caponio i sur., 2004).

Prirodan je izvor joda i selena, a odlikuje je i visok sadržaj višestruko nezasićenih masnih kiselina (n-3 i n-6 skupina masnih kiselina). U n-3 skupinu masnih kiselina zastupljenih u plavoj ribi ubrajamo EPK (eikozapentaenska kiselina; C20:5 n-3) i DHK (dokozaheksaenska kiselina;

C22:6 n-3) masne kiseline (Nosić i Krešić, 2015). Esencijalne masne kiseline prekursori su za sintezu eikosanoida, hormonima sličnih supstanci koji imaju važnu ulogu u upalnim procesima, u suženju i širenju krvnih žila te stimulaciji ili kočenju obrambenih mehanizama u organizmu (Pavličević i sur., 2014).

Daljnje pogodnosti koje donosi konzumacije višestruko nezasićenih masnih kiselina iz plave ribe očituje se u sniženju koncentracije serumskih triglicerida kao i sniženju ukupnog kolesterola u krvi. Njihovom konzumacijom postići će se i povećanje koncentracije HDL (lipoproteina visoke gustoće) i usporit će se ateroskleroze. Apsorpcija i pohrana kalcija koja je potpomognuta eikosapentaenskom kiselinom dovodi do očvršćivanja kostiju. Koliku će količinu n-3 višestruko nezasićenih masnih kiselina riba imati ovisi o vrsti, načinu ishrane, uvjetima uzgoja i sezoni izlova ribe (Nosić i Krešić, 2015). Američko udruženje za srce (AHA-American Heart Association) izdalo je preporuku o unosu EPK i DHK. One se temelje na različitim potrebama za višestruko nezasićenim masnim kiselinama, kako kod zdravih osoba tako i kod osoba koje boluju od koronarnih bolesti srca. Osobe bez dijagnosticiranih koronarnih bolesti srca trebale bi preventivno konzumirati 2 jedinice serviranja plave ribe tjedno čime bi osigurali 0,3–0,5 g/dan EPK i DHK. Dok bi osobe koje boluju od koronarnih bolesti srca trebale postići dnevni unos od 1g EPK i DHK (Skulas-Ray i sur., 2019). Potrebno je također istaknuti da su višestruko nezasićene masne kiseline nužne za razvoj mozga i živčanog sustava djeteta te je od iznimne važnosti paziti na zadovoljavajući unos plave ribe tijekom trudnoće i razdoblja dojenja (Nosić i Krešić, 2015).

Caponio i suradnici (2004) istraživali su poveznicu između spola i dužine srdela naspram njihovog kemijskog sastava. Naglasak je stavljen na sastav polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) zbog njihovog pozitivnog utjecaja na zdravlje. Općenito je zaključeno kako se udio masti povećava s povećanjem dužine jedinki te ne ovisi o spolu. Među nezasićenim masnim kiselinama u najvišem udjelu zastupljena je palmitinska masna kiselina (C16:0, 148.4–223.6 mg/100 g) koju slijede stearinska (C18:0, 34.0–58.0 mg/100 g) te miristinska (C14:0, 9.2–21.8 mg 100 g). Ispitivanja na masnim kiselinama pokazuju da ženke imaju više vrijednosti zasićenih masnih kiselina (SFA) i mononezasićenih (MUFA) masnih kiselina. Za razliku od tih rezultata, više vrijednosti polinezasićenih masnih kiselina zabilježene su kod muških jedinki. Oni su imali više vrijednosti omega-3 i omega-6 masnih kiselina, a te vrijednosti su rasle i od manjih srdela prema većim ukupnim izmjerenim dužinama. Muške jedinice su imale više vrijednosti arahidonske (C20:4, 8.3– 17.1 mg/100 g) te dokosaheksaenoične kiseline (C22:5, 6.2–11.8 mg/100 g). Usprkos tome, kod ženki su zabilježeni značajni udjeli omega-6 PUFA linolne

(C18:2, 5.1–9.4 mg/100 g) i linolenske kiseline (C18:3, 1.6–4.1 mg/100 g). Omjer PUFA/SFA bio je približno 1 i bio je viši kod muških jedinki i kod onih veće duljine. Tako visoki omjeri PUFA/SFA pozitivno utječu na metabolizam kolesterola i smanjuju rizik koronarnih oboljenja (Caponio i sur., 2004).

Ukupne izmjerene količine PUFA razlikuju među jedinkama i u ovisnosti su s genetskim faktorima jedinke, njejoj ishrani, ali i s unutrašnjim faktorima koji ovise o sezoni lova. Faktor koji se smatra najvažnijim je upravo prehrana jedinke, odnosno prehrana bazirana na fitoplanktonima i zooplanktonima. Promjena temperature mora ovisno o godišnjem dobu također utječe na količinu PUFA. Niske zimske temperature pogoduju sintezi polinezasićenih masnih kiselina jer se upravo one smatraju odgovornima za osiguranje fluidnosti membrane i očuvanja normalnih uvjeta u stanici u zimskim uvjetima (Caponio i sur., 2004).

Uz brojne dobrobiti i pozitivne učinke na zdravlje ljudi, ne smije se zaboraviti i na potencijalne rizike koje konzumacija plave ribe donosi. Najznačajniji su mogućnost nakupljanja kontaminanata organskog podrijetla (dioksin, poliklorirani bifenili) i anorganskog podrijetla (živa, olovo, kadmij) te nastanak histamina. Histaminsko trovanje najčešće je trovanje ribom i na njega opada 5 % svih oboljenja hranom i 37 % svih oboljenja vezanih za morsku ribu i morske plodove (Muscarella i sur., 2013). Histamin u ribi nastaje u post-mortem periodu dekarboksilacijom esencijalne aminokiseline histidina enzimom histidin-dekarboksilaza. Razina histidina varira među vrstama plave ribe pa tako se kreće od $1 \frac{g}{kg}$ u haringama do $15 \frac{g}{kg}$ u mesu tunjevine. Temperatura pri kojoj dolazi do nastanka histamina je 20 °C, a tako nastali histamin je izrazito termorezistentan te može podnijeti temperature i do 200 °C. Metoda koja se koristi za sprječavanje nastanka histamina je hlađenje ribe nakon ulova i snižavanje temperature ispod 4,4 °C (Nosić i Krešić, 2015).

1.5. PROMJENE NA KVALITETI RIBE I GUBITAK SVJEŽINE

Poznato je da je riba jedna od najlakše kvarljivih namirnica zbog čega proizvođači moraju obratiti posebnu pažnju na osiguravanje njezine kvalitete. Zato moderna agrikultura i prehrambena industrija ulažu konstantne napore u pronalasku novih načina i unaprjeđenju trenutnih načina očuvanja kvalitete. Svježina igra najvažniju ulogu u očuvanju kvalitete, a na nju utječu mnogi parametri. Počevši od same krhke konstitucije mišićnog tkiva ribe te aktivnosti

endogenih proteaza u ribi pa do utjecaja čovjeka prilikom ulova ribe. Nepravilno rukovanje te uvjeti skladištenja dovest će do fizikalnih, kemijskih, biokemijskih i mikrobioloških promjena i kontaminacija u ribi, odnosno do narušavanja njene svježine (Cheng i sur., 2015).

Svježe ulovljenu ribu karakterizira sjajna koža obavijena tankim slojem prozirne sluzi. Oči svježe ribe su svijetle, konveksne s izraženo crnom zjenicom, a s prozirnom rožnicom. Škrge su većinom svijetlo roze boje ili crvene, ali je bitno da su bez vidljive sluzi. S napredovanjem kvarenja ove se karakteristike svježine gube. Tako će koža gubiti svoj sjaj i glatkoću te postati gruba na dodir, suha i izbijeljena. Oči se iz konkavnih pretvaraju u konveksne, rožnica postaje mat, a zjenica zamagljena. Roza boja škrge sve više blijedi i postaje žućkasta prema sivkasto smeđoj boji, a sluz postaje sve mutnija i viskozija kao rezultat bakterijskog rasta. Na kvarenje tek ulovljene ribe i potencijalan rok trajanja utjecaj ima nekoliko faktora. Oni uključuju vrstu, godišnje doba i lokaciju ribolova, temperaturu mora, metodu ulova, rukovanje neposredno nakon ulova, uvjete skladištenja i sanitarne uvjete na plovilu. Industrija vrlo malo može utjecati na fizikalne faktore koji ovise o vrsti ili na način ulova s obzirom na to da su metode ulova propisane za različite vrste. Stoga je od iznimne važnosti za očuvanje kvalitete ribe da se nakon ulova njome pravilno manipulira (Lougovois i Kyrana, 2005).

1.5.1. Post mortem promjene - mehanizmi kvarenja

Mnogi senzorski nedostatci ribe koju kupci primijete rezultat su prirodnih procesa i neovisni su o intervencijama proizvođača, a percipiraju se kao gubitak svježine ili kvarenje (Lougovois i Kyrana, 2005). Kvarenje ribe smatra se kompleksnim fenomenom za koji su odgovorne kemijske, enzimske i mikrobne aktivnosti do kojih dolazi nakon uginuća ribe. Većina ribljih vrsta prolazi proces kvarenja kao rezultat aktivnosti probavnih enzima, lipaza, mikrobnih aktivnosti bakterija s površine ribe i oksidacije. Kako bi se razvile optimalne tehnike očuvanja kvalitete i svježine ribe potrebno je razumjeti mehanizme koji su odgovorni za kvarenje ribe. 3 glavna mehanizma koje je potrebno razumjeti i spriječiti, odnosno usporiti njihovo napredovanje su autoliza, oksidacija te mikrobni rast (Ghaly i sur., 2010).

Enzimska razgradnja ribe započinje neposredno nakon njenog ulova. Reakcije autolize imaju najveći utjecaj na gubitak teksture ribe jer probavni enzimi svojom aktivnošću dovode do

mekšanja i rupture trbušnog zida ribe (Ghaly i sur., 2010). Glavne autolitičke promjene koje utječu na svježinu ulovljene ribe su glikoliza, raspad ATP-a, proteoliza te lipidna hidroliza i oksidacija (Murthy i Jeyakumari, 2019).

Brojni su proteolitički enzimi pronađeni u visceri i mišićju ribe nakon ulova. Neadekvatnim skladištenjem ribe proteolize će dovesti do degradacije proteina (Ghaly i sur., 2010). Jedan od najboljih primjera aktivnosti autolitičke proteaze je pojava oštećenja abdomena kod pelagičnih vrsta (Murthy i Jeyakumari, 2019). Optimalna pH vrijednost za aktivnost proteaze je između neutralnog i alkalnog, a brojna istraživanja pokazuju da se aktivnost proteolitičkih enzima može značajno usporiti snižavanjem temperature ribe tijekom skladištenja na 0 °C te održavanjem pH pri vrijednosti 5 (Ghaly i sur., 2010).

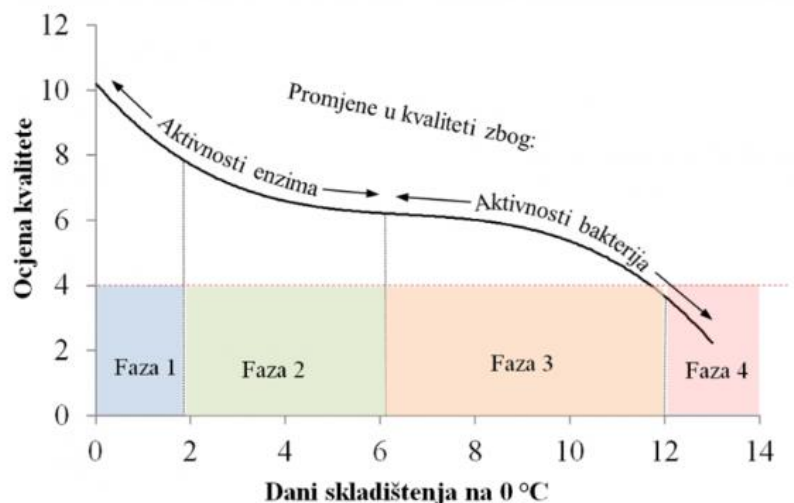
Nakon uginuća ribe stanice su bez kisika stanice te ne mogu proizvoditi ATP aerobnim putem, već prelaze na anaerobni. Post mortem glikoliza koja se odvija u anaerobnim uvjetima kao krajnji produkt dovodi do nastanka mliječne kiseline. Akumulacijom mliječne kiseline dolazi do snižavanja pH u mišićima. Post-mortem trošenje ATP-a dovesti će do pojave rigor mortisa (Šimat i sur., 2019). Kolika će biti količina proizvedene mliječne kiseline u ovisnosti je s količinom pohranjenih ugljikohidrata (glikogena) u tkivima Tako će veliki utjecaj na to kolika će biti konačna vrijednost post mortem pH ribe biti imati i način na koji nastupa njena smrt. Tako one odmorne, dobro nahranjene ribe sadrže veće količine glikogena od iscrpljenih ili neuhranjenih riba. Istraživanja pokazuju da samo jedna minuta stresa kojoj će riba biti podvrgnuta prilikom ulova rezultira smanjenju pH vrijednosti za 0,50 jedinica 3 sata nakon ulova. U istom tom vremenu riba koja nije bila podvrgnuta stresoru zabilježit će pad pH vrijednosti od samo 0,1 jedinice. Značajan pad pH vrijednosti utječe na djelomičnu denaturaciju proteina čime se smanjuje sposobnost vezanja vode. Stoga će se termičkom obradom takvog mesa gubiti na njegovoj vlažnosti i sama tekstura će mu biti tvrđa (Huss, 1995). Kako rigor napreduje, pH se povećava, mišići mekšaju i dolazi do intenzivnih autolitičkih reakcija (Šimat i sur., 2019).

Jedan od glavnih uzroka kvarenja ribe s visokim udjelom masti, poput male plave ribe je lipidna oksidacija. Najčešće obuhvaća reakcije kisika s dvostrukim vezama masnih kiselina. Za lipidne oksidacije najčešće su odgovorne lipaze koje cijepanjem glicerida dovode do nastanka slobodnih masnih kiselina koje su odgovorne za neugodan miris ribe koji se često povezuje s užeglošću. Enzime odgovorne za lipazu nalazimo na koži, u krvi i tkivu ribe (Ghaly i sur.,

2010). Oksidacija lipida dovodi do gubitka brojnih esencijalnih masnih kiselina i općenito dovodi do smanjenja nutritivne vrijednosti ribe (Aubourg, 2001). Lipidna oksidacija kompleks je reakcija koje započinju primarnom oksidacijom. Produkt primarne oksidacije su peroksidi, posebice hidroksiperoxid. On kada je izložen daljnjim oksidacijskim podražajima dovodi do nastanka sekundarnih produkata oksidacije poput aldehida, ketona, epoksida. Većina sekundarnih produkata oksidacije odgovorna je za negativne senzorske percepcije ribe (Thorleifsson, 2015).

Mikroorganizmi se na ribi mogu pronaći na koži, površini škrge i u utrobi žive ribe. U živoj ribi nemaju utjecaja na kvalitetu, no u post mortalnom periodu njihova aktivnost dovodi do promjena tkiva ribe (Gökoglu i Yerlikaya, 2015). Za ribu koja je skladištena pri temperaturama iznad temperature smrzavanja karakteristična je pojava bakterijske aktivnosti. Bakterijska aktivnost dovodi do degradacije topljivih komponenata niske molekularne mase čiji su hlapljivi metaboliti odgovorni za neugodan miris i okus ribe. To dovodi do odbijanja takve ribe prilikom senzorskog ocjenjivanja. Neki od supstrata koje bakterije koriste za svoj metabolizam obuhvaćaju ugljikohidrate (laktat i riboza), nukleotide (IMP i inozin) te neproteinske spojeve s dušikom. Dok kao produkte njihovog metabolizma možemo istaknuti trimetilamin, hlapljive sumporne spojeve, aldehide, ketone, estere, hipoksantin i amonijak (Gennari i sur., 1999). Kod ribe koja se nakon ulova ne skladišti uz primjenu hlađenja, kvarenje će biti rezultat aktivnosti Gram-negativnih, fermentativnih bakterija. Za kvarenje ribe koja se skladišti pri nižim temperaturama odgovorne su Gram-pozitivne bakterije (Ghaly i sur., 2010). Do značajnog porasta mikrobnog kvarenja ribe dolazi prilikom ulova velikih količina ribe kada se u mreži nalaze velike količine ulova koji je sabijen. U uvjetima visoke gustoće ribe unutar mreže povećana je mogućnost nastanka ozljeda i fizičkih oštećenja te ugibanja ribe čime se otvara prostor za ulazak bakterija u tkivo ribe te njihovo brzo razmnožavanje (Mallikage, 2001).

Slika 4. prikazuje tijek procesa kvarenja ribe u rashlađenom stanju. Iako je bakterijski metabolizam glavni faktor koji uzrokuje neprikladnost ribe za konzumaciju, aktivni endogeni enzimi u tkivima, krvi, koži i utrobi omogućuju bakterijama potrebne supstrate za njihov rast. Mnoge reakcije razgradnje koje dovode do narušavanja kvalitete su katalizirane i bakterijskim i endogenim enzimima stoga nije uvijek moguće precizno odrediti je li kvarenje nastupilo zbog procesa autolize ili je rezultat bakterijske aktivnosti (Lougovois i Kyrana, 2005).



Slika 4. Faze kvarenja ribe (prema Shawyer i Pizzali, 2003).

1.5.2. Metode određivanja svježine i kvalitete

Kako bi se tržištu ponudila riba vrhunske kvalitete, potrebne su pouzdane metode i tehnike za evaluaciju svježine (Cheng i sur., 2015). Kako bi se dobila kompletna slika o kvaliteti ribe potrebno je evaluirati svaku od karakteristika izgleda, teksture, mirisa. Iako je značajan napredak prisutan u razvoju instrumentalnih metoda, one mogu mjeriti samo individualne karakteristike kvalitete, stoga je senzorska analiza i dalje najčešći način procjene kvalitete (Lougovois i Kyrana, 2005).

U RH i Europskoj Uniji, metoda koja se koristi za ocjenjivanje svježine ribe je EU shema i definirana je Pravilnikom o tržišnim standardima određenih proizvoda ribarstva (NN, 37/10), koji se temelji na direktivi EU (Council Regulation (EC) 2406/96). Prema ovoj metodi ribu svrstavamo u 3 kategorije svježine (E, A i B). Kategorija E označava ekstra kategoriju u koju spada najsvježija riba. Riba koja se svrsta u kategoriju ispod kategorije B nije za ljudsku upotrebu (Ministarstvo poljoprivrede, 2010). Ova metoda ne daje informacije o roku trajanja ribe, međutim zbog brzine metode često se koristi kada se velike količine ulova trebaju procijeniti brzo, na primjer u lukama ili na prijemnom dijelu tvornica za preradu (Lougovois i Kyrana, 2005).

Zbog potrebe da se preciznije opišu različite faze svježine ribe, uvedena je nova i brza metoda – Quality Indeks Method (Lougovois i Kyrana, 2005). QIM vodeća je referentna metoda za ocjenjivanje kvalitete svježe ribe koja koristi sistem ocjenjivanja nedostataka (Cheng i sur., 2015). Nakon što se odredi atribut ribe koji će se ocjenjivati, dodjeljuje mu se broj od 0 do 3 (Lougovois i Kyrana, 2005). Tako će 0 bodova biti dodijeljeno izrazito svježoj ribi, a dodijeljeni bodovi će se povećavati kako kvarenje napreduje (Cheng i sur., 2015). Rezultati svih karakteristika se zbrajaju i na kraju se dobije ukupni senzorni rezultat, takozvani senzorni indeks. Svježa riba dobit će apsolutni indeks od 0 bodova, dok će viši ukupni skor imati riba u kojoj je započelo kvarenje. S obzirom na to da se svi atributi ribe ocjenjuju od 0 do 3, svi će jednako utjecati na finalni zbroj bodova. Svježina iskazana kao ukupni rezultat linearno je ovisna o vremenu kojem je riba držana na ledu. Zbog toga je moguće procijeniti koliko je preostalo vrijeme skladištenja ribe te također odrediti maksimalni rezultat koji određena riba treba imati za određenu namjenu (Lougovois i Kyrana, 2005). QIM je izrazito točna i objektivna metoda i koristi se u mnogim istraživanjima koji se bave evaluacijom svježine ribe. Nedostatci metode su ti što je vremenski zahtjevna, skupa i zahtjeva analizu od strane posebno utreniranog i profesionalnog panela (Cheng i sur., 2015).

Kemijske metode određivanja svježine temelje se na mjerenju koncentracije određene komponente u uzorku. Komponente koje se mjere povezane su sa specifičnim senzorskim atributima ribe (najčešće miris i okus) (Lougovois i Kyrana, 2005). Obuhvaćaju analizu vlage, hlapljivih komponenti, proteina, lipidne oksidacije te mjerenje stupnja raspada ATP-a (Cheng i sur., 2015).

K-vrijednost je koristan indikator koji se koristi za ocjenjivanje svježine ribe, odnosno detekciju nastupanja autolitičkih promjena. Povećanje K vrijednosti proporcionalno je stopi raspada ATP-a (raspad u ADP, AMP, inozin i hipoksantin) (Cheng i sur., 2015). Metoda se ne koristi za rutinske analize zbog toga što je destruktivna i zahtijeva skupu laboratorijsku opremu (Lougovois i Kyrana, 2005).

Mjerenje koncentracije trimetilamina (TMA) u ribi uobičajeno ne indicira da je došlo do narušavanja kvalitete jedinke prije 6-10 dana skladištenja na ledu stoga je efikasna samo za evaluaciju uzoraka srednje do loše kvalitete (Lougovois i Kyrana, 2005). Zbog toga se metoda polagano zamjenjuje s određivanjem ukupnog hlapivog baznog dušika (TVB-N) (Cheng i sur., 2015). Potvrđena je njena korelacija sa senzorskim promjenama ribe tijekom kvarenja. Hlapljivi dušik najčešće uključuje trimetilamin (TMA) dobiven iz TMAO pomoću bakterija kvarenja, amonijak dobiven bakterijskom aktivnošću i enzimima tkiva i u manjoj mjeri se odnosi i na

dimetilamin. Glavne prednosti korištenja ove kemijske metode pred drugima su brzina i niska cijena. Međutim, s obzirom na to da se u početnim fazama kvarenja ne događaju značajnije promjene, ova metoda neće moći razlikovati svježinu jedinki koje bi EU shemom bile dodijeljene kategorije E i A. Razlikuje samo B kategoriju od one koja nije za ljudsku konzumaciju. S obzirom na to da vrijednosti ukupnog hlapivog dušika nisu u linearnoj vezi s vremenom koje je riba provela na ledu, ne mogu se koristiti za procjenu roka trajanja ribe (Lougovois i Kyrana, 2005). Granica prihvatljivosti TVB-N za neprerađene proizvode ribarstva iznosi 25 do 35 $\frac{mg\ TVB-N}{100\ g}$ (Šimat, 2011).

Aktivnost mikroorganizama jedan je od glavnih uzroka kvarenja ribe. TVC (Total viable counts) koristan je indikator za precizno određivanje razine svježine ribe i za procjenjivanje roka trajanja. S obzirom na to da riba već prilikom ulova sadrži velike količine mikroorganizama, početne vrijednosti TVC iznose od 10^2 - $10^4\ \frac{CFU}{g}$. TVC je duga i zahtjevna metoda te je vrlo teško uspostaviti univerzalnu i brzu metodu ocjenjivanja svježine ribe kroz analizu mikrobnog sastava ulovljene ribe (Cheng i sur., 2015).

2. METODE RUKOVANJA RIBOM OD ULOVA DO PRERADE

Pravilno rukovanje prilikom ulova, brzo hlađenje i pravilno skladištenje ulova za vrijeme trajanja ribolovne operacije osigurat će zadržavanje zadovoljavajuće kvalitete ribe sve do njenog iskrcaja na kopno. Mnoge države u svijetu susreću se s problemom velikih gubitaka ulova upravo zbog nepravilnog rukovanja na brodovima. Ti se gubici prvenstveno odnose na pelagične ribe. Taj problem doveo je među ostalim i do potrebe za pronalaskom kvalitetnih i efektivnih rashladnih metoda (Mallikage, 2001).

Glavni faktori koji utječu na brzinu kvarenja ohlađene ribe su temperatura, fizička oštećenja na ribi te karakteristike vrste. Prva stavka koja utječe na brzinu kvarenja tek ulovljene ribe je temperatura. Kemijske, fizikalne i mikrobiološke reakcije ubrzavaju se povećanjem temperature, stoga je od iznimne važnosti da se odmah nakon ulova ribe njena temperatura snizi. Tim postupkom će primjerice patogenim mikroorganizma kojima za razmnožavanje pogoduje temperatura između 10 °C i 37 °C, na temperaturama ispod 3 °C rast biti inhibiran (Gökoglu i Yerlikaya, 2015). Riba je nježna namirnica koja se lako ošteti, grubo rukovanje i

oštećenje njene površine dovest će do kontaminacije ribljeg mesa bakterijama te do otpuštanja enzima koji konačno dovode do ubrzanja kvarenja. Grubo rukovanje ribom može dovesti i do pucanja viscere i otpuštanja sadržaja po unutrašnjosti ribe. Konačno, sama vrsta ribe može doprinijeti brzini kvarenja. Tako će na primjer brže kvarenje biti zabilježeno kod vrsta oblog oblika, male riba, masnijih vrste te jedinki s tanjom kožom (Shwayer i Pizzali, 2003).

Zbog svega navedenog prvi preventivni korak u sprječavanju kvarenja odvija se na ribarskim brodovima. Pravilno rukovanje i skladištenje ribe na brodu omogućuje da ona ostane svježa do iskrcaja u luci. Važni preduvjeti koje je za to potrebno ispuniti su: hlađenje ribe neposredno nakon ulova, održavanje željene temperature, održavanje higijenskih uvjeta na palubi i na području gdje će se riba skladištiti. Tome će uvelike pridonijeti dobro dizajnirano i organizirano plovilo. Kod plovila s lošijim razmještajem ili kod manjih brodica u kojima skladišno područje nije dovoljno opremljeno svježinu ribe moguće je postići koristeći dobru skladišnu praksu. Njeno zanemarivanje čak i na kratkim ribolovnim operacijama dovesti će do proizvoda loše kvalitete već nakon nekoliko sati. Način održavanja kvalitete na brodu ovisit će o vrsti koja se lovi, načinu na koji se odvija ribolov, veličini plovila i duljini trajanja ribolova. Koja će se metoda odabrati za postizanje tog cilja ovisi o nekoliko parametara. Ona je ovisna o karakteristikama ulovljene vrste, dostupnosti energije na brodu, spremišnim kapacitetima plovila i cijeni implementacije određene metode. Metoda koja se najčešće za taj problem koristi je hlađenje ribe neposredno nakon ulova. Pravilno ohlađena riba na brodu može provesti nekoliko dana bez da joj se značajno naruši kvaliteta (Gökoglu i Yerlikaya, 2015).

2.1. METODE ULOVA

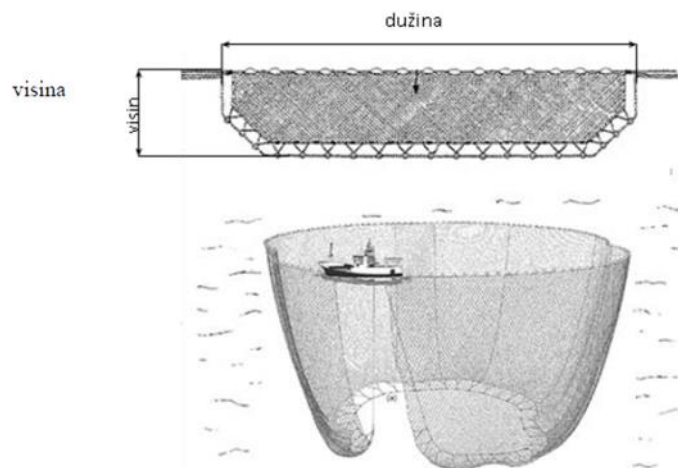
Briga o kvaliteti ulovljene ribe započinje samim početkom ribolova, odnosno načinom ulova ribe. On izravno utječe na inicijalnu kvalitetu i mikrobiološki profil ribe (Mallikage, 2001).

Sitna plava riba lovi se pelagičnim kočama i plivaricama. Kočarenje definiramo kao ribolov povlačnim mrežama, odnosno kočama. Lebdeće koče popularnije su u talijanskom dijelu Jadrana, a u Hrvatskoj se koriste vrlo rijetko i to u sjevernom dijelu Jadrana (Ministarstvo poljoprivrede, 2007). Ribolov okružujućom mrežom plivaricom ribarska je metoda koja se koristiti za lov velikih riba poput tune, ali i za male pelagične ribe. Predstavlja najpopularniju i

najproduktivniju metodu ulova jer se skoro trećina svjetskog ulova odvija koristeći se upravo ovom metodom (Marçalo i sur., 2019).

Kada se definira plivarica srdelara, govori se o okružujućoj mreži namijenjenoj ulovu sitne plave ribe (Slika 5.). Sastoji se od mrežnog tega koji na svojem gornjem dijelu sadrži plovke koji omogućuju da gornji dio mreže pluta po površini mora (plutnja), a na donjem dijelu se nalaze opterećivači pomoću kojih je omogućeno vertikalno postavljanje mreže u stupcu mora (olovnja). Na olovnu su postavljeni i prsteni kroz koje prolazi stezač koji omogućava skupljanje i zatvaranje donjeg dijela mreže. Pod osnovnu opremu spada i hidraulični puretić blok, plivaričarsko vitlo, sohe, samarice, janke ili pumpe za vađenje ribe te dodatna pomoćna vitla. Mreža plivarica može se koristiti kako na manjim brodovima bez nadgrađa kako i na velikim brodovima za lov na otvorenom moru (Anonymous, 2014).

Operacija ribolova započinje lociranjem potencijalnog jata. Lociranje se najčešće obavlja koristeći hidro-akustičnu detekcijsku tehnologiju, poput sonara i eho-sondera (Marçalo i sur., 2019). Tehnika plivaričarskog ulova prakticira se noću. Koristeći umjetna svjetla, ribe se drže na okupu i dolazi do formiranja najkompaktnijeg plova pelagične ribe (Kraljević i sur., 2014). Jato se mrežom okružuje vrlo brzo (kroz desetak minuta), a za tu operaciju može se koristiti samo jedan brod ili se uz glavni brod mogu koristiti i pomoćna plovila koja pomažu okružiti jato. Nakon završetka ove faze, konop koji prolazi kroz prstene na dnu mreže se stegne i zatvori mrežu ispod jata. Koristeći hidraulična vitla mreža se postepeno vuče prema brodu. Tim postupkom dolazi do postepenog smanjenja volumena mreže u moru i sabijanja ribe u stražnji dio mreže. Ovaj proces provodi se sve dok se ne postigne zadovoljavajuća gustoća jata koja će omogućiti pregled ulova. Ako se pregledom ustanovi da su jedinke koje su ulovljene mrežom odgovarajuće vrste i veličine prelazi se na sljedeću fazu, odnosno prijenos ulova na plovilo. Prijenos je moguće ostvariti koristeći pumpe ili oprare (Marçalo i sur., 2019).



Slika 5. Shematski prikaz okružujuće mreže plivarice (Anonymous, 2014)

Pravilnikom iz 2019. godine doneseni su uvjeti, namjena i način provođenja gospodarskog ribolova na moru okružujućim mrežom plivaricom „srdelaron“. Njime je propisano kako je plivarica srdelara namijenjena za ciljani ribolov sitne plave ribe. Ribolovna operacija ne smije započeti prije zalaska sunca, niti nakon izlaska sunca (Pravilnik, 2019). Pravilnikom se propisuje i minimalna veličina oka mrežnog tega od 16 mm (Anonymous, 2014). Mreže plivarice koje se koriste na području Republike Hrvatske najčešće imaju odnos visine i duljine između 1:3 i 1:4 (Kraljević i sur., 2014). Uz glavno plovilo dozvoljeno je koristiti maksimalno 3 pomoćna plovila (svjećarice) (Anonymous, 2014). Umjetna rasvjeta koja se koristi za privlačenje i agregiranje male plave ribe na glavnom i na pomoćnim plovilima ne smije prelaziti ukupnu snagu od 16 000 W kada se koriste žarne niti i 4000 W u slučaju LED rasvjetnih tijela (Pravilnik, 2019).

Postoje značajne razlike među flotama koje se koriste za ribolov okružujućom mrežom plivaricom. Razlikuju se prema veličinama ulova, veličini brodova i količini opreme. Tako su za Španjolsku i Portugal prosječni ulovi koji se ostvare mrežom plivaricom između 3 i 5 tona, dok u Norveškoj mogu postići i vrijednosti od 1000 tona. Najbitnija razlika među flotama je veličina plovila, odnosno kapacitet skladištenja ribe na plovilu (Marçalo i sur., 2019).

Soldo i suradnici (2019) istražujući hrvatsku flotu plivarica zaključili su da dužina plivarica korelira s količinom ulova, kao i s veličinom sitne plave ribe. Plovila duža od 24 metra ostvarila su ulov 30,22 % veći u usporedbi s plovilima manjima od 18 metara. Također, pokazali su kako je uporaba sonara u Jadranskom moru kao uređaja za traženje jata riba superiornija pred

sonderom. Plovila opremljena sonarima bilježe 47 % veći ulov po izlasku na more od sondera. Razlog leži u tome što sonder detektira ribu koja se nalazi točno ispod plovila te stoga nije prikladan za pronalazak jata u plitkim morima i onih koji se nalaze na određenoj horizontalnoj udaljenosti od broda. Međutim, zbog većih troškova nabave sonara samo 32 % plovila opremljeno je ovim uređajem za pronalazak jata.

2.2. METODE UKRCAJA

Ulov se iz mreže na plovilo ukrcava koristeći 2 metode, pumpama ili oprarom. Tradicionalna metoda ukrcaja ribe na palubu podrazumijeva korištenje oprare. Metoda je vremenski zahtjevna te je za njenu upotrebu potrebno postići veliku gustoću ribe u mreži. Korištenje oprare zahtijeva povećani manualni rad i barem 4 člana posade koji će njome manipulirati. Proces je vremenski zahtjevniji jer podrazumijeva obustavu ukrcaja nakon punjenja prvog reda sanduka kako bi posada imala dovoljno vremena da pripremi sljedeće sanduke za prihvrat ribe (Janči i Vidaček Filipec, 2019).

Djelomično rješenje ovih problema mogla bi pružiti upotreba pumpi za ukrcaj ribe. Pumpanjem ribe na palubu riba se izlaže manjoj količini stresa i niže su stope mortaliteta jer se riba podiže na palubu u mlazu vode, stoga nema oštećenja nagnječenjem. Usisna cijev pumpe uroni se u more i riba u mlazu vode dolazi do palube, usisana voda izdvaja se u separatoru, a ribe se ispušta u spremnik za hlađenje. Ukrcaj ribe pumpom zahtijeva manju gustoću jata unutar mreže čime se umanjuje stres i povećava stopu preživljavanja ribe tj. vjerojatnost da će riba još biti živa kada se transportira u izotermičke sanduke. S obzirom na mali opseg manualnog rada potrebnog pri korištenju ukrcaja pumpom može ga obavljati samo jedan član posade (Janči i Vidaček Filipec, 2019). Tako zbijene, velike količine ribe lako se pumpom prenose na brod, a koliko će proces trajati ovisi i veličini jata. Kod velikih jata operacija ponekad može trajati i do sat vremena (Anders i sur., 2020). Ovim načinom oslobađaju se ostali članovi posade koji za to vrijeme mogu pripremati druge sanduke za prihvrat nove ribe. Na kapacitet ukrcaja najveći utjecaj ima vrsta, odnosno kapacitet pumpe (Janči i Vidaček Filipec, 2019). Treba uzet u obzir da se jednom napunjene sanduke ne puni naknadno novom količinom ulova, jer će takva riba imati višu temperaturu te će time povisiti i temperaturu cijelog sustava (Musgrove i sur., 2007). S obzirom na to da fizička oštećenja na ribi imaju direktan utjecaj na njezinu kvalitetu i da će se kod takve ribe promjene na kvaliteti događati puno brže, treba pripaziti da se sve operacije

provedu tako da se oštećenja minimiziraju. Do fizičkih oštećenja može doći ne adekvatnim rukovanjem ribom od strane posade, a ovisit će i o odabranoj metodi ukrcanja ribe na brod. Najveća mogućnost fizičkih oštećenja ribe postojat će korištenjem oprare prilikom vađenja ribe iz mreže. Zbog relativno velikog kapaciteta oprare (100 - 300 kg), lako je zaključiti da može doći do nagnječenja ribe koja se nalazi na njenom dnu. Dok transportom ribe pumpom u kontinuiranom vodenom mlazu sprječava mogućnost nakupljanja ribe u velikim količinama na jednom mjestu (Janči i Vidaček Filipec, 2019).

2.3. METODE HLAĐENJA

Odavno je kao najbolji način za hlađenje i održavanje niskih temperatura tek ulovljene ribe prepoznat led. Dokazano je da će se za svaki pad temperature od 5 °C, brzina kvarenja ribe prepoloviti (Merritt, 1969). Zbog njegovih specifičnih karakteristika najčešće se koristi kao medij za snižavanje temperature. Kolika će količina leda biti potrebna da ohladi ribu ovisi prvenstveno o masi i temperaturi ribe na početku procesa hlađenja, ali i o načinu na koji su riba i led zaštićeni od vanjskih izvora topline. Preporuka je da za početno hlađenje ribe omjer nje i leda bude 1:1. Kasnije se po potrebi dodaju dodatne količine leda. Kao dio dobre ribarske prakse podrazumijeva se da je dodatan led uvijek prisutan na brodu za vrijeme cijele ribolovne operacije. U tablici 1. prikazan je teoretski izračun količine leda potrebne da se temperatura 10 kilograma ribe snizi na 0 °C. Vidljivo je da je potrebna količina leda ovisi o temperaturi ribe, odnosno da se povećava proporcionalno s početnom temperaturom ribe (Gökoglu i Yerlikaya, 2015). Treba obratiti pažnju na vrstu leda koja će se koristiti jer korištenjem neprikladne vrste leda ili leda lošije kvalitete može dovesti do snižavanja same kvalitete proizvoda te prouzročiti gubitke od 10 do 15 % od ukupnog ulova (Mallikage, 2001).

Tablica 1. Teoretski izračun količine leda potrebne za hlađenje 10 kilograma ribe do temperature od 0 °C (prema Gökoglu i Yerlikaya, 2015).

Temperatura ribe (°C)	Potrebna količina leda (kg)
30	3,4
25	2,8
20	2,3
15	1,7
10	1,2
5	0,6

Vrste leda koje se najčešće koriste na brodovima namijenjenima lovu na sitnu plavu ribu su usitnjeni i ljuskasti led (Šimat i sur., 2019).

Blokovi leda koji se koriste za proizvodnju usitnjenog leda mogu težiti između 12 i 250 kilograma. Prije nego što se takav led može koristiti na brodu za hlađenje ribe, nužno je njihovo razbijanje kako bi se dobio usitnjeni led (Gökoglu i Yerlikaya, 2015). Posebnu pažnju treba obratiti na način obrade leda kako bi se lomljenjem blokova dobili maleni komadići leda koji će dobro prijanjati uz površinu ribe i omogućiti njeno adekvatno hlađenje. Korištenjem ove vrste leda postoji mogućnost oštećenja površine ribe ako su razlomljeni komadići oštih rubova (Šimat i sur., 2019).

Ljuskasti led se definira kao suhi, pothlađeni led nepravilnih komadića kojima površina varira između 100 i 1000 mm². Proizvodi se smrzavanjem vode koja se prska ili prolijeva po ohlađenoj površini valjaka čime se na njoj formira tanak sloj leda. Nastali led uklanja se noževima. Tim procesom dolazi do lomljenja leda na malene komadiće koji podsjećaju na krhotine stakla. Ovakva vrsta leda postiže najveći omjer površine po masi te ima gustoću od $480 \frac{g}{m^3}$ (Šimat i sur., 2019). Prednosti korištenja ove vrste leda za hlađenje ribe su primarno te što zbog svog oblika, omjera površine i mase postiže dobar kontakt s ribom i osigurava brzo hlađenje. Proizvodnja ovog leda je izrazito brza te ne zahtijeva dodatnu obradu nakon proizvodnje. Glavni nedostatak je taj što se ova vrsta leda u usporedbi s drugima brzo topi te nije prikladna za korištenje na dugim ribolovnim operacijama (Gökoglu i Yerlikaya, 2015).

U posljednje vrijeme ribarima je sve primamljivija alternativa u kojoj se koristi led dobiven od morske vode. Razvojem industrije, uređaji za proizvodnju takve vrste leda sve su cjenovno prihvatljiviji, manjih su dimenzija i moguće ih je instalirati u većinu plovila. Glavne prednosti korištenja ovog medija za hlađenje su te što se led može proizvoditi izravno na pučini, a supstrat je more koje je besplatno. Time ribarima na pučini led ne bi predstavljao ograničavajući faktor s kojim bi trebali računati prilikom ulova. Također, korištenjem mora kao medija za hlađenje moguće je postići niže temperature skladištenog proizvoda (Gökoglu i Yerlikaya, 2015). Čista voda postiže maksimum gustoće od $1 \frac{g}{cm^3}$ pri temperaturi do 4 °C. Njezine karakteristike gustoće i točke ledišta mijenjaju se s udjelom soli. Povećanjem koncentracije soli doći će do snižavanja temperature ledišta vode (Mallikage, 2001). Trenutačno tržišno dostupni uređaji mogu proizvoditi led na temperaturama od -9 do -20 °C te je moguće podesiti postotak soli tako proizvedenog leda (Gökoglu i Yerlikaya, 2015).

Međutim, ovaj način hlađenja ima i određene nedostatke. Led od morske vode nije homogen i tijekom skladištenja ribe u njemu može se pretvoriti u mješavinu kristala leda i slane otopine. Morski led nema fiksnu točku topljenja. Tako će za led kojem je udio soli između 3 i 3,6 % točka topljenja iznositi između -1,5 i -2 °C. Zbog te varijacije u temperaturi moguće je da se riba djelomično zaledi, a kod ribe s tankom kožom može doći i do apsorpcije soli u tkivo. Uz navedene nedostatke treba napomenuti i da su uređaji za proizvodnju ove vrste leda skuplji su od standardnih koji koriste vodovodnu vodu i zahtijevaju skuplje održavanje (Gökoglu i Yerlikaya, 2015).

Iako led može sačuvati kvalitetu ribe kroz određeno vrijeme, ono je relativno kratko u usporedi s ostalim načinima čuvanja poput zaleđivanja, konzerviranja ili sušenja. Međutim, ovaj način je i više nego dobar za očuvanje kvalitete tek ulovljene ribe na brodovima. Razlozi za to su: jednostavna nabava leda, različiti oblici s obzirom na potrebu, visok kapacitet hlađenja, održavanje konstantne temperature. Kada se otopi, led ispire bakterije s površine ribe, održava površinu ribe vlažnom te je lako prenosiv i relativno jeftin (Šimat i sur., 2019). Vrijeme potrebno za hlađenje ribe ovisi o karakteristikama medija i ribe, temperaturi okoline kao i koeficijentu prijenosa topline između ribe i medija. Tradicionalno hlađenje ribe na brodu odvijalo se naizmjeničnim slaganjem sloja ribe te zatim sloja leda u kašetama. S obzirom na to da ovim načinom hlađenja većina ribe nije u direktnom kontaktu s medijem, odnosno ledom, hlađenje se odvija sporo i neravnomjerno. Riba koja nije u direktnom kontaktu s ledom hladila bi se kontaktom s okolnom ribom koja je u kontaktu s ledom i čija je temperatura zbog toga niža ili otopljenim ledom koji bi prolazio između slojeva ribe (Mallikage, 2001).

Kod ulova sitne ribe poput incuna, haringe i skuše, dolazi do ulova velikih količina ribe odjednom koja se mora brzo skladištiti kako bi se paluba oslobodila za sljedeću ribolovnu operaciju. A kako bi se osigurao maksimalan kontakt između medija za hlađenje i sitne ribe potreban je pravilan odabir medija za hlađenje. Jako je teško brzo postići željene temperature koristeći samo hlađenje ledom, stoga se upotrebljava metoda hlađenja mješavinom leda i morske vode (Šimat i sur., 2019). U ovom sistemu ledom ohlađena morska voda okružuje ribe. Hlađenje je trenutačno i brzo se postiže željena temperatura koja se onda konstantno održava kroz sistem. Ribari koji koriste ovu metodu hlađenja određenu količinu leda ukrcaju na brod prije isplovljavanja iz luke te će ju neposredno prije ulova pomiješati s morem (Mallikage, 2001). Preporučeni omjer miješanja leda, vode i ribe u termizolacijskim spremnicima ovisi o klimatskom području na kojem se ulov vrši. Preporuke FAO navode da u područjima umjerene

klime taj omjer bude 1 kg vode: 1 kg leda: 4 kg ribe, dok za područja tropskih klima omjer iznosi 1 kg vode: 2 kg leda: 6 kg ribe (Shwayer i Pizzali, 2003).

Ovaj način hlađenja ribe poprima sve veću popularnost i kod ribara s malim plovilima. Koristeći ovu metodu hlađenja i kod brodova čija dužina ne prelazi 10 metara može se postići to da na kopno iskrcaju ulov kojemu je kvaliteta maksimalno očuvana (Shwayer i Pizzali, 2003). Ovaj sistem može se instalirati na mala plovila od 10 do 14 metara koja imaju kapacitet od 3 do 10 tona ulova (Mallikage, 2001).

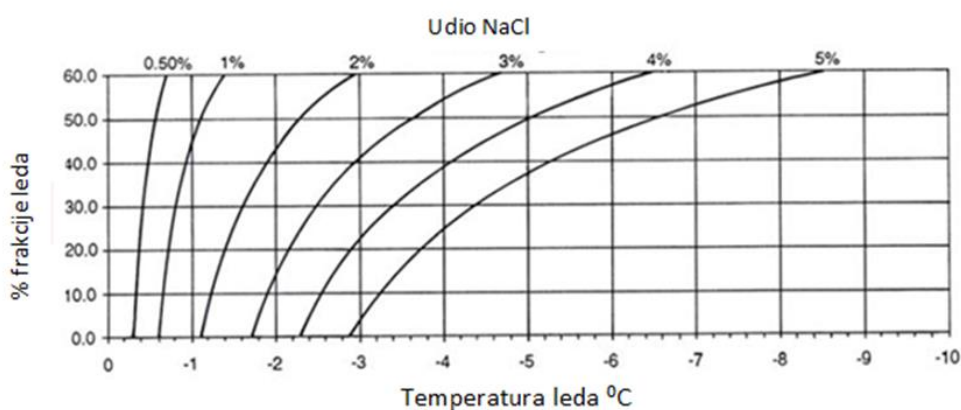
Postignuta željena temperatura mješavine vode i leda unutar spremnika nakon dodatka ribe može se povećati, no tome se priskabe naknadnim dodatkom leda u spremnik. Ujednačavanje temperature mješavine kroz čitavi spremnik veliki je izazov ovog sustava jer led i riba plutaju po površini spremnika, a i topla voda ima tendenciju podizanja u gornje slojeve. Zbog toga se jednolika temperatura kroz spremnika osigurava na 2 načina. Prvi je pomoću komprimiranog zraka koristeći takozvani "champagne" sustav dok je drugi način miješanja postignut recirkulacijom medija upotrebom pumpi (Shwayer i Pizzali, 2003). „Champagne“ metodom toplina se prenosi s ribe na medij uz pomoć komprimiranog zraka koji se upuhuje s dna spremnika. Time se postiže ravnomjerna raspodjela medija između svih jedinki u spremniku te homogena temperatura kroz cijeli period skladištenja. Podatci o brzini hlađenja ribe navode da osim o agregatnom stanju medija brzina ovisi i o njegovoj cirkulaciji. Tako će srdela koja se nalazi u hladnoj morskoj vodi bez cirkulacije ohladiti se 190 % brže od one pohranjene na ledu, dok će se srdela u hladnoj morskoj vodi koja cirkulira ohladiti 420 % brže (Mallikage, 2001).

U posljednje vrijeme prakticira se i uporaba ohlađene morske vode (RSW) kao medija za hlađenje pelagičkih vrsta. Ovom metodom mehaničkim uređajima temperatura mora se snizi u područje oko 0 °C (Hassan, 2002). Ovakvo hlađenje zahtijeva pumpe, sustav cijevi i filtera za cirkulaciju mora do spremnika s ribom. Često se u tankove koji će se napuniti s rashlađenom morskom vodom na dno prije stavlja i određena količina leda kako bi se olakšalo hlađenje (Gökoglu i Yerlikaya, 2015).

Pahuljasti led je mješavina finih kristala leda, vode i tvari za snižavanje točke leđišta od kojih se najčešće koristi natrijev klorid. Tipični kristali u takvom sustavu promjera su od 0,1 do 1 mm, a njihova veličina ovisi o vrsti i koncentraciji sredstva za snižavanje točke leđišta te tipu uređaja za proizvodnju pahuljastog leda (Gökoglu i Yerlikaya, 2015). Pahuljasti led pruža određene prednosti u odnosu na ljuskasti led koje uključuju nižu temperaturu i veću brzinu hlađenja, bolja svojstva izmjene topline te manji stupanj fizičkih oštećenja uslijed kontakta ribe

s vrlo finim mikrosfernim kristalima leda. Istodobno, prevenira se i dehidracija površine jer je ovim sustavom omogućeno potpuno obavijanje ribe rashladnim medijem. Kao glavna prednost često se ističe mogućnost transporta leda pumpama do mjesta gdje se odvija hlađenje. Prema izračunima ekonomska isplativost ovog načina transporta opravdana je do udjela leda u smjesi od 30 %. Temperatura sustava je zadržana na niskim vrijednostima tijekom cijelog procesa hlađenja (Šimat i sur., 2019). Iako je tehnologija relativno novija, posljednjih desetak godina se polagano uvodi u riblju industriju (Prout i Misson, 2004).

Koncentracija soli u mješavini određivat će koju će temperaturu mješavina postići. Iz grafa na slici 6. se da očitati da mješavina s koncentracijom soli od 3 % (koja je približna onoj u moru) i s 20 % leda dovodi do snižavanja temperature mješavine na -2,2 °C. Dok će se povećanjem koncentracije leda u mješavini na 40% sniziti temperaturu sustava na -3 °C (Prout i Misson, 2004).



Slika 6. Temperatura pahuljastog leda pri različitim udjelima leda i soli u mješavini (prema Prout i Misson, 2004).

2.4. METODE ODRŽAVANJA HLADNOG LANCA

Rukovanje ribom nakon ulova zahtijeva održavanje hladnog lanca do trenutka prerade ili konzumacije. Nakon početnog hlađenja ribe hladni lanac se može održavati prebacivanjem ribe u kašete u koje se onda dodaje određena količina ljuskastog leda ili se riba transportira u izotermičkim sanducima u mješavini mora i vode (Janči i Vidaček Filipceć, 2019).

Kašete koje se koriste na brodovima mogu biti od drveta, drveta obloženog plastikom ili potpuno napravljene od plastike (Gökoglu i Yerlikaya, 2015). Svima je zajedničko to da se rade tako da se jednostavno slažu u visinu kako bi se njima lako rukovalo manualno ili uz uporabu viličara (Shawyer i Pizzali, 2003). Drvene kašete koje nisu obložene slojem plastike ne preporučuju se za uporabu jer je zbog porozne površine drveta nemoguća potpuna dezinfekcija te može doći do kontaminacije sljedećeg ulova mikroorganizmima koji su zaostali na površini (Gökoglu i Yerlikaya, 2015).

Plastične neizolirane kašete u mnogim zemljama predstavljaju standard za skladištenje tek ulovljene ribe, a dokazano najbolji materijal za takvu vrstu kašeta je polietilen visoke gustoće (HDPE), koji udovoljava svim higijenskim standardima. Korištenje plastike kao materijala za kašete je široko rasprostranjeno jer je plastika relativno povoljan materijal, lagan ali čvrst i postojan, kašete su dizajnirane tako da se njima lako manipulira te se jednostavno slažu i čiste. Nedostatci plastičnih kašeta su ti što ako se oštete teško ih je popraviti, a ukoliko nisu dizajnirane da se mogu skladištiti jedne unutar drugih zauzimaju mnogo prostora (Shawyer i Pizzali, 2003). Treba obratiti pažnju na njihove dimenzije, dubina ne smije biti prevelika kako se ribe u donjem sloju ne bi nagnječile, moraju postojati rupe za odvod otopljenog leda kroz cijelu visinu kašete kako se otopljena vode ne bi skupljala kod donjeg sloja riba te kašeta treba biti napravljena tako da podnosi težinu ribe i leda (Gökoglu i Yerlikaya, 2015). Za plovila koja se odluču za skladištenje ulova u kašetama važno je da njihov razmještaj bude takav da ne smeta ljudima na brodu, a razmještaj treba pomno isplanirati jer kašete smanjuju ionako ograničen slobodan prostor na palubi (Shawyer i Pizzali, 2003).

Izotermički sanduci mogu poslužiti za čuvanje leda do početka ribolovne operacije, a onda kasnije i za skladištenje ulovljene ribe. Ribe se unutar izotermičkog sanduka mogu čuvati u kašetama ili u rasutom stanju, odnosno u mješavini vode i leda ili u pahuljastom ledu. Time osim što se hlađenje odvija brže, sprječava se i nagnječenje ribe. Ova vrsta sanduka je manje pomična od kašeta i kada se stavi na brod na određenu poziciju velika je vjerojatnost da će se s nje neće premještati (Gökoglu i Yerlikaya, 2015). Veličina izotermičkih sanduka varira od onih s kapacitetom od samo 60 litara pa sve do 1000 litara. Manje jedinice se mogu pomicati i manualno ako nisu u potpunosti pune, dok veće zahtijevaju uporabu mehaničkih uređaja. Glavne funkcije koje izotermički spremnici moraju ispuniti su: smanjiti količinu rukovanja s ulovljenom ribom te tako izravno utjecati na smanjenje fizičkih oštećenja te zadržati izvornu kvalitetu ribe osiguravanjem adekvatnog hlađenja uz niske stope topljenja leda. To se postiže reduciranjem prolaza topline kroz stjenke spremnika. Osiguranjem ovih uvjeta ribari će moći

ići na duže ribolovne operacije, a ulovljenoj ribi će što duže biti zadržana polazna kvaliteta. Iako se sve više uviđa važnost i prednost korištenja izoliranih spremnika određen broj čimbenika usporava njihov rast udjela na plovilima, od kojih je glavni izrazito visok trošak (Shawyer i Pizzali, 2003).

Ovaj dio ribolovne operacije također predstavlja kritičnu točku u kojoj može doći do fizičkog oštećenja ribe. Tako su prebacivanjem ribe u kašete te njenim daljnjim transportom u njima na ribi moguća fizička oštećenja nastala udarcima i struganjem. Transport kašetama ne predviđa vodu koja bi amortizirala udarce i vibracije stoga će znatno manja vjerojatnost fizičkih oštećenja biti tijekom transporta ribe u izotermičkim sanducima. Takvim skladištenjem riba se nalazi u tekućem mediju te nema dodatne manipulacije njome sve do prerade. Tekući medij u sanducima će u ovom načinu transporta, uz održavanje niske temperature, minimizirati vjerojatnost fizičkih oštećenja (Janči i Vidaček Filipec, 2019).

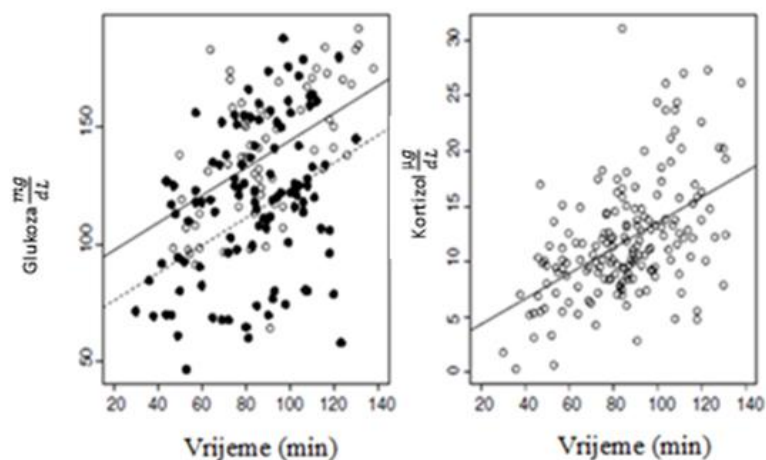
3. UTJECAJ RAZLIČITIH METODA RUKOVANJA NA KVALITETU RIBE

3.1. UTJECAJ RAZLIČITIH METODA UKRCAJA ULOVA NA KVALITETU RIBE

Kao što je napomenuto, sabijanje jata u mrežu plivaricu na početku ribolovne operacije osigurat će efikasniji prijenos ulova na palubu broda. Međutim, takva operacija zbijanja jedinki dovesti će do intenzivnih fizioloških reakcija kod ribe, odnosno neprekidnog fizičkog napora plivanja, komešanja i trzanja kojima je cilj bijeg iz mreže. Prilikom ribolovne operacije jato okruženo plivaricom može se sačinjavati i od nekoliko stotina tona. Smanjivanjem obujma mreže gustoća jata se povećava te može dosegnuti i do $200 \frac{kg}{m^3}$ (Anders i sur., 2020).

Marcalo i suradnici (2006) istraživali su faktore stresa koji utječu na srdelu prilikom komercijalnog ulova. Analizirani su uzorci krvi i mišićja srdela na početku ulova i u rasponu od 90 do 120 minuta nakon početka ulova. Mjerena je razina hematokrita (Hct), hemoglobina, kortizola, glukoze i ATP-a te promjena njihove vrijednosti ovisno o vremenu koje srdele prije prijenosa na brod provedu u mreži. Ustanovljeno je da je biološki i operacijski utjecaj na razinu

stresa srdele zanemariv dok vrijeme provedeno u mreži, odnosno duljina trajanja ulova predstavlja najznačajniji stresor (Marcalo i sur., 2006).



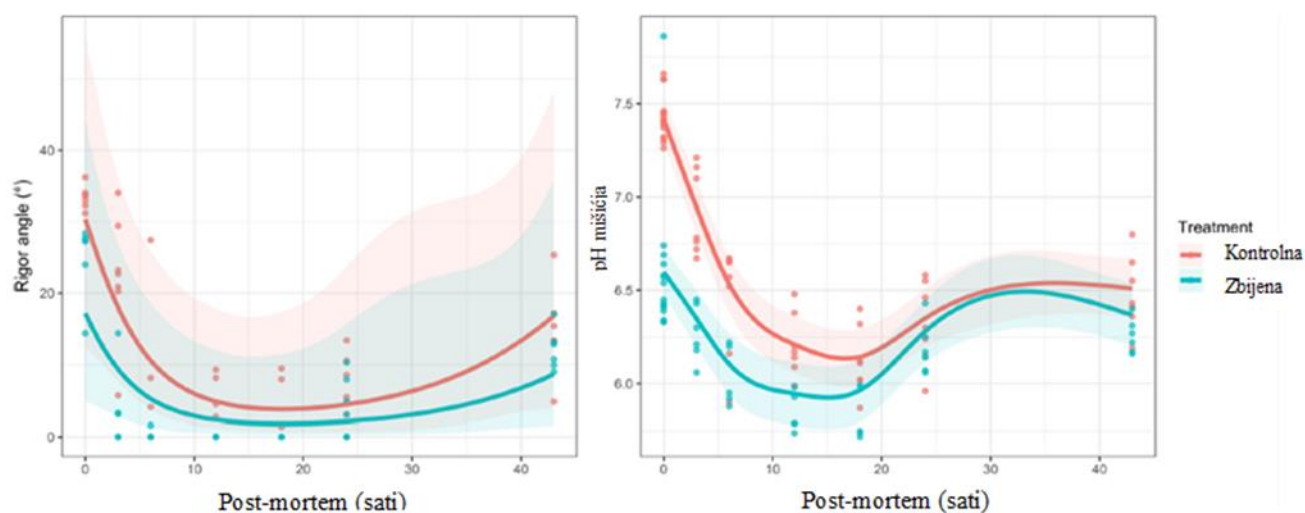
Slika 7. Utjecaj trajanja ulova na razinu glukoze (lijevo) i kortizola (desno) u plazmi srdela (prema Marcalo i sur., 2006).

Na slici 7. prikazan je utjecaj trajanja ribolovne operacije tj. vremena kojeg riba provede u mreži na razinu glukoze (lijevo) i kortizola (desno) izmjerene u plazmi srdela. Na lijevom grafu, bijelim krugovima označene su vrijednosti glukoze kod srdele s višim udjelom masti. Takve jedinke pokazivale su i veće vrijednosti glukoze u krvi. Nakon pojave akutnog stresora, razina kortizola u plazmi dostiže svoj maksimum kroz nekoliko minuta. Uobičajeno je da se razina kortizola u plazmi poveća nekoliko minuta nakon pojave stresora. Stoga je pogledom na desni graf vidljivo da je kod srdele razina stresa proporcionalna vremenu trajanja operacije ribolova. Da se zaključiti da sama mreža koja okružuje srdele ne može biti jedini stresor jer bi onda razina kortizola svoj maksimum postigla na samom početku procesa ulova. Međutim, prilikom ulova dolazi do stezanja mreža i progresivnog smanjivanja volumena koje srdele imaju na raspolaganju što dovodi do njihovog konstantnog sabijanja. Vrijeme provedeno u mreži do ukrcaja na brod srdele provedu u letargičnom plivanju, dezorijentirane, a pokušavajući doći do zraka iskaču na površinu. Sve to doprinosi povećanju stresa i postizanju maksimalnih vrijednosti kortizola u kasnijim fazama ribolovne operacije (Marcalo i sur., 2006).

Navedeni stresori mogu rezultirati uginućem ribe unutar mreže, što je čest slučaj u praksi, te se procesi kvarenja i gubitka svježine počinju odvijati i prije inicijalnog hlađenja ulova na palubi broda. Zbog toga je za kvalitetu ribe izrazito važno da se završne faze ulova provode tako da se što je više moguće umanjí stres i ukrcaj na plovilo tj. inicijalno hlađenje provede u što kraćem roku.

S obzirom na ograničen broj istraživanja koja se bave ovisnosti razine stresa kojoj je riba podvrgnuta tijekom ribolova o konačnoj kvaliteti mesa, Anders i suradnici (2020) proveli su takvo istraživanje na skuši (*Scomber scombrus*). U sklopu eksperimenta skušu su podijelili u 2 skupine. Prva koja je bila izložena simulaciji komercijalnog ulova mrežom plivaticom i kontrolne grupe koja nije bila izložena zbijanju u mreži prije uginuća. Rezultati istraživanja pokazali su da jedinke izložene zbijanju u mreži postižu niže pH vrijednosti mišićja te brži razvoj i veći intenzitet rigor mortisa. Zbijanje u mreži dovodi je do promjene metabolizma skuše s aerobnog na anaerobni čime se iscrpljuju intracelularne rezerve ATP-a rezultira bržim nastupom post mortalnih promjena, povećanim intenzitetom i produljenim trajanjem rigor mortisa. Daljnje analize su provedene nakon 2 do 7 dana skladištenja ribe na ledu u EPS kašetama. Na slici 8. prikazana je usporedba intenziteta rigor mortisa (lijevo) i pH vrijednosti mišićja (desno) kontrolne skupine te skupine jedinki izloženih zbijanju u mreži prije uginuća te se može uočiti da jedinke izložene zbijanju u mreži prije ulova postižu niže vrijednosti pH mišićja. Minimum pH iznosi 5,92 i niži je za 0.21 od onog kontrolne grupe. Također, i vrijeme potrebno za postizanje minimuma pH vrijednosti bilo je kraće. Minimum je postignut nakon 15 sati, odnosno 2 sata brže nego kod kontrolne grupe (Anders i sur., 2020).

Dobiveni rezultati potvrdili su utjecaj sabijanja u mreži na kvalitetu skuše te se slični rezultati mogu očekivati i u slučaju srdele i incuna.



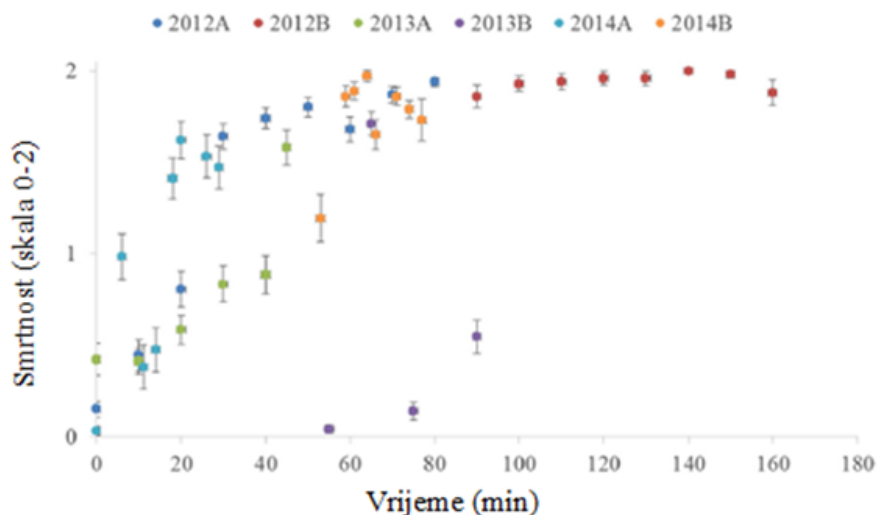
Slika 8. Usporedba post mortem rigora i pH vrijednosti analizirane i kontrolne skupine (prema Anders i sur., 2020).

Digre i sur. (2016) istraživali su razlike u stupnju smrtnosti i kvalitete ulovljene skuše koja je pumpama transportirana iz mreže plivarice na glavno plovilo i one koja je naknadno pumpama prenesena s glavnog na pomoćno plovilo. Riba je nakon ulova pumpama prenesena u RSW spremnike na brodu pomoću gumene cijevi promjera 30-45 cm, a vrijeme transporta variralo je ovisno o kapacitetu pumpi i količini ulova između 27 do 85 minuta. Najkraće postignuto vrijeme transporta bilo je pumpom kapaciteta 8,6 tona/min kojoj je bilo potrebno 27 minuta za transport 250 tona ribe na brod. Tako brzim transportom riba je u cijevima podložna utjecaju g-sila i turbulentnom prijenosu. Zbog veće dužine cijevi koje transportiraju ribu na sekundarno plovilo te su jedinke bile izložene dugotrajnijem utjecaju g-sile.

Dobiveni rezultati pokazuju da je utjecaj transporta pumpom na smrtnost zanemariv, ali na nju utjecaj ima vrijeme provedeno u mreži prije transporta na plovilo. Većina riba je uginula nakon 20-60 minuta trajanja ribolovne operacije zbog sabijanja u mreži. Riba koja je pumpama transportirana na glavno plovilo imala je veću stopu preživljavanja zbog značajno kraćeg vremena provedenog u mreži (stopa preživljavanja 53,4% naspram 23,9%).

Pregledom ribe na plovilu ustanovljeno je da između 80 do 100 % jedinki ima ozljede na perajama, a 0 do 44 % ima vidljiva oštećenja na koži pri čemu je udio fizičkih oštećenja jedinki ovisio o veličini ulova i bio je značajnije niži kod manjih ulova. Ulov koji se transportirao na sekundarno plovilo pretrpio je značajnija oštećenja. Rezultati pokazuju da je veća naprezanja, odnosno g-silu pretrpjela riba koja je pumpama transportirana na drugi brod, što je posljedica više faktora. Količina ulova je bila veća, kao i snaga pumpe koja je bila 30% veća, a sustav cijevi za transport na pomoćno plovilo bio je 50 metara duži te su se stoga stvorili turbulentni uvjeti prijenosa ribe.

Na slici 9. prikazan je odnos vremena provedenog u mreži sa stupnjem smrtnosti skuše. Tako je primjerice 2012. godine smrtnost ribe pumpane na glavno plovilo s početnih 0 %, nakon 80 minuta dostigla 94 %. Usporedno s tim rezultatima, skuša na pomoćnom plovilu iste ribolovne operacije je nakon 90 minuta imala smrtnost od 90 %, a nakon 160 minuta provedenih u mreži ona je iznosila 100 %.



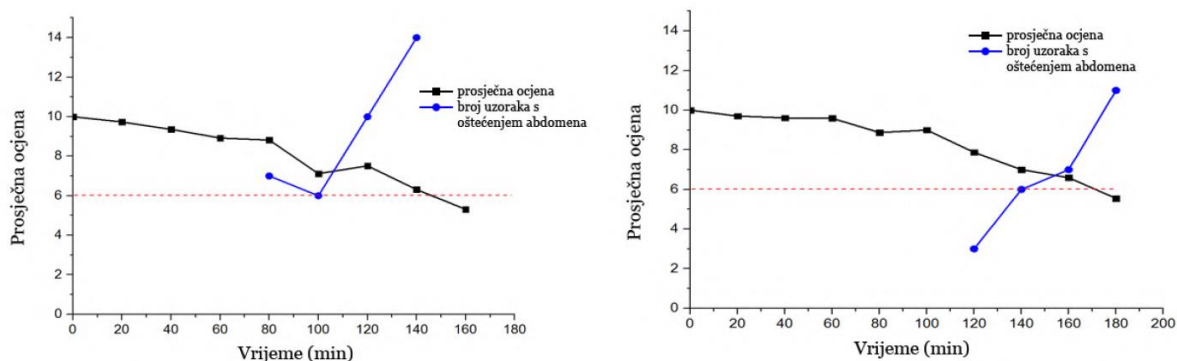
Slika 9. Odnos vremena provedenog u mreži i smrtnosti skuše (prema Digre i sur., 2016).

Dobiveni rezultati u skladu su i s istraživanjem koje su proveli Huse i Vold (2010) koji su zaključili da se smrtnost ribe povećava s vremenom provedenim u mreži prije pumpanja na brod. Riba koja uginu na početku operacije akumulira se na dnu mreže i velika je vjerojatnost da će se posljednja prebaciti pumpom na plovilo.

Također, istražujući smrtnost skuše prilikom ukrcaja na brod Marcalo i sur. (2019) zaključuju da skuša može podnijeti umjereno sabijanje u mreži te gustoću od $88 \frac{kg}{m^3}$ u trajanju od jednog sata, a da pri takvim uvjetima njena smrtnost neće zabilježiti značajnije vrijednosti ni nakon 8 dana od izlaganja stresoru. Preliminarna istraživanja pokazala su da se takvi uvjeti u komercijalnom ulovu ne postižu prije posljednje faze, odnosno povlačenja mreže prema brodu. Iz navedenog proizlazi da je smrtnost jedinki u okružujućoj mreži u direktnoj vezi s gustoćom ulovljenog jata i vremenom provedenim u mreži.

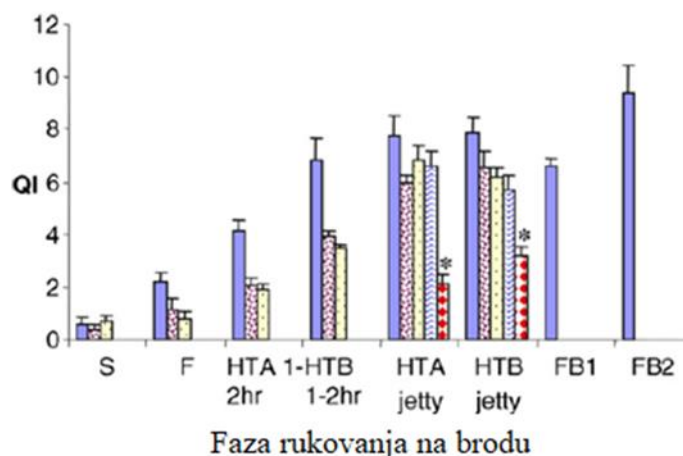
Janči i Vidaček Filipec (2019) istraživali su utjecaj vremena kojeg riba provede u mreži nakon uginuća na kvalitetu. Uzorci srdele su neposredno nakon zbijanja mreže prebačeni u izolirani spremnik s morem iz kojeg je svakih 20 minuta izuzeta skupina uzoraka koja je obrađena standardnom metodom rukovanja ulovom na ribarskim plovilima uključenima u istraživanje. Praksa rukovanja podrazumijevala je hlađenje u mješavini morske vode i ljuskastog leda te naknadno poledjivanje u kašetama i transport do pogona za preradu. Rezultati su pokazali konstantan pad prosječne ocjene kvalitete srdele s povećanjem vremena provedenog u mreži na oba plovila uključena u istraživanje (Slika 10.).

U početku je pad blag, a granična ocjena 6 kojom riba prelazi u drugu kategoriju kvalitete postignuta je nakon 140 minuta (lijevi graf) i 170 minuta (desni graf). Oštećenja abdomena zamijećena su nakon 100-120 minuta, a njihov broj linearno raste s vremenom provedenim u moru. S obzirom na to da su sve skupine uzoraka prošle jednak postupak rukovanja te je vrijeme od ulova do zamrzavanja u pogonu za preradu bilo jednako, iz opisanih rezultata može se zaključiti da vrijeme provedeno u moru nakon uginuća ima značajan utjecaj na kvalitetu ribe.



Slika 10. Ovisnost vremena provedenog u mreži prema ocjeni kvalitete i stupnju oštećenja srdele (Janči i Vidaček Filipec, 2019).

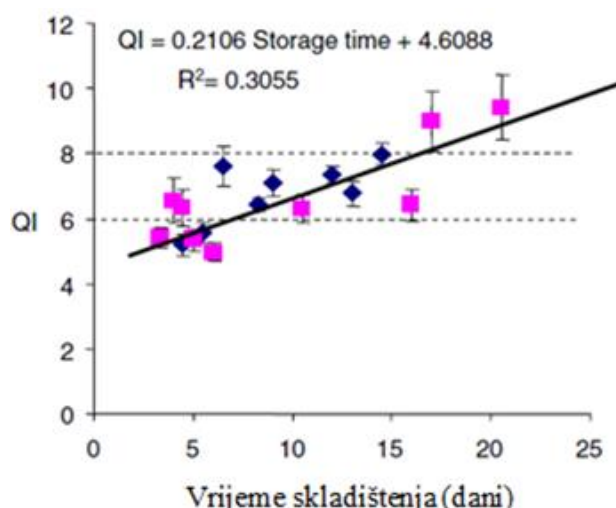
Musgrove i suradnici (2007) ispitivali su utjecaj rukovanja nakon ulova na kvalitetu srdele. Podatci o senzorskim karakteristikama jedinki prikupljeni su korištenjem QIM metode. S napredovanjem vremena i količine rukovanja kojoj je riba podvrgnuta rasla je i vrijednost QI koji je dodijeljen jedinkama srdele (Slika 11.). Srdelama koje su uzorkovane izravno iz mreže plivarice na početku ulova (S) dodijeljeni su niži bodovi od onih jedinki koje su uzorkovane nakon 1 do 3 sata provedenih u mreži (F). Srdele skladištene u izotermičkim sanducima u RSW sustavu na temperaturi -0,6 °C do 6 °C (HTA, 1- HTB) bilježe značajan bodovni porast. Vrijednost QI od 8 na više određena je kao vrijednost nakon koje se riba smatra neupotrebljivom za daljnje procesiranje. Najviša dodijeljena vrijednost QI u eksperimentu iznosila je 12,5 i dobila ju je riba analizirana u zadnjem spremniku u tvornici neposredno prije daljnjeg procesiranja.



Slika 11. Utjecaj količine rukovanja ribom na dodijeljen QI (prema Musgrove i sur., 2007).

S obzirom na to da je autoliza egzoterman proces koji provode različiti enzimi u probavnom sustavu ribe nakon uginuća, može se zaključiti da će procesi autolize imati značajan utjecaj na QI srdela. Musgrove i sur. (2007) eksperimentom ustvrđuju linearni odnos dodijeljenog QI i temperature mišićja i utrobe ribe. Zabilježena temperatura utrobe srdele bila je i do 8,4 °C viša nego ona mišićja. Analizom ulova ustanovljeno je da je probavni trakt većine jedinki bio pun plijena. Plijen predstavlja idealan supstrat za aktivnosti probavnih enzima i mikroorganizama koji će doprinijeti ubrzanju procesu kvarenja. Dobiveni rezultati pokazuju da je intenzitet reakcija autolize bio značajan čak i u kontroliranim uvjetima skladištenja ribe nakon ulova.

Iako vrijednosti QI koje će označiti gornju granicu prihvatljivosti nisu fiksne, prije provođenja eksperimenta određeno je da će gornja granica prihvatljivosti srdele za daljnju preradu, odnosno prodaju iznositi 6 bodova. Rezultati senzorske analize pokazuju da u tom slučaju skladištenje ribe na ledu ne bi trebalo biti duže od 6 sati. Međutim, povećanje praga prihvatljivosti za samo 2 boda dovest će do produženja vremena skladištenja ribe na brodu sa 6 na 16 sati (Slika 12.) (Musgrove i sur., 2007).



Slika 12. Odnos vremena skladištenja ribe prema dodijeljenom QI (prema Musgrove i sur., 2007).

Musgrove i sur. (2007) uspoređujući rezultate 12 različitih ribolovnih operacija zaključuju da parametri poput ispunjenosti probavnog sustava plijenom, sezone lova, vremena utovara (kasno navečer/rano ujutro) nisu značajnije utjecali na QI srdele. Dobiveni rezultati pokazuju da na narušavanje kvalitete ribe utječu drugi parametri, odnosno da je post mortem autoliza glavna reakcija koja je uzrokovala mekšanje tkiva i utjecala na QI.

Glavni faktori koji utječu na brzinu kvarenja ulovljene ribe su temperatura, fizička oštećenja te unutrašnji faktori. Što se temperatura ribe brže snizi to će se reakcije koje dovode do njenog kvarenja uspješnije inhibirati. Riba je nježna namirnica koja se lako ošteti. Grubo rukovanje i oštećenje površine ribe dovodi do kontaminacije njenog mesa bakterijama i do otpuštanja enzima te konačno ubrzavanja njenog kvarenja. Grubo rukovanje može dovesti i do pucanja viscere i otpuštanja sadržaja po mesu (Shwayer i Pizzali, 2003). To potvrđuju i Musgrove i sur. (2007) koji navode da reakcije autolize imaju najveći utjecaj na QI ribe.

Rezultati različitih istraživanja pokazuju da je za očuvanje kvalitete ribe prvenstveno potrebno obratiti pažnju na način postupanja ribom u završim fazama ulova. U svom istraživanju Marçalo i sur. (2019) zaključuju da u posljednjoj fazi ribolova okružujućom mrežom, kada dolazi do smanjenja njenog volumena dolazi do takve zbijenosti ribe da se ona izlaže potencijalno smrtonosnim stresorima. Oni uključuju hipoksiju, izmorenost i fizička oštećenja tijela jedinki

kao rezultat kontakta s jatom ili mrežom. Digre i sur. (2016) potvrđuju da će većina riba uginuti na početku ribolovne operacije upravo zbog sabijanja u mreži. Stoga je glavni faktor kojim će se minimizirati stres za ribu prilikom ulova te smanjiti fizička oštećenja ribe vrijeme. Odnosno, potrebno je ribarsku operaciju provesti u što kraćem vremenskom periodu. Janči i Vidaček Filipec (2019) svojim rezultatima potvrđuju da će smanjenje vremena koje riba provede u mreži smanjiti i mogućnost narušavanje njene kvalitete.

3.2. UTJECAJ RAZLIČITIH METODA HLAĐENJA NA KVALITETU RIBE

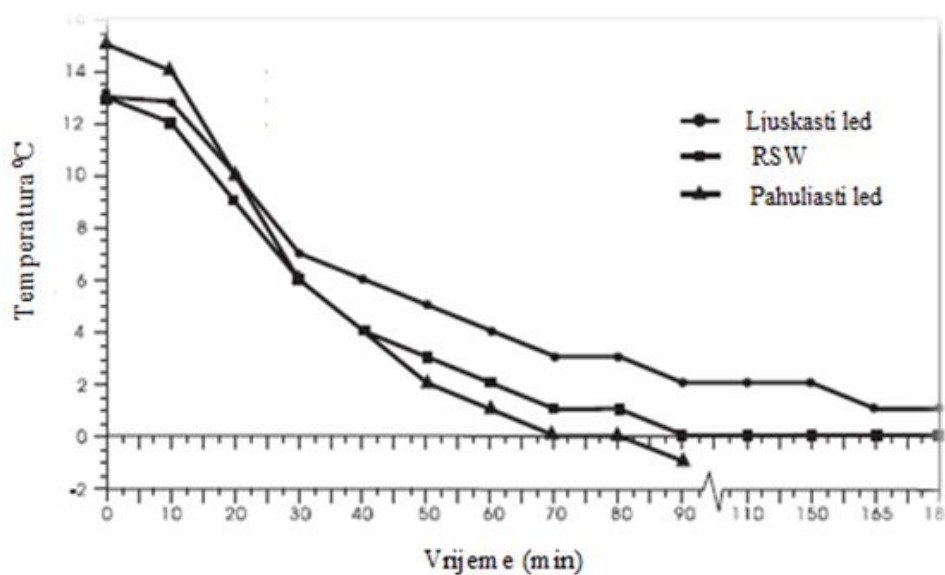
Hlađenje je postupak snižavanja temperature do temperature otapajućeg leda (0 °C) koje se provodi s ciljem produljenja trajnosti ribe. Dovodi do usporavanja aktivnosti enzima i mikroorganizama te fizikalnih i kemijskih procesa koji narušavaju kvalitetu ribe (Shwayer i Pizzali, 2003). Prema uputama FDA (2020) riba se nakon ulova treba ohladiti što je prije moguće i to ne kasnije od 9 sati nakon ulova. Jednom ohlađena riba ne bi trebala postići temperaturu veću od 4,4 °C u trajanju od 8 sati kumulativno. Šimat i sur. (2019) navode da se za svaki sat od trenutka ulova ribe za koji se ona adekvatno ne ohladi, cijeli jedan dan njenog roka trajanja izgubi. Dok će porast temperature od 4 °C dvostruko ubrzati njeno kvarenje i prepoloviti rok trajanja.

Bitno je usporediti podatke ribe koja je adekvatno hlađena nakon ulova i one u kojoj hlađenje izostaje kako bi se dokazao pozitivan utjecaj pravovremenog hlađenja na njenu kvalitetu. Ababouch i sur. (1996) uspoređuju parametre kvalitete srdele skladištene na ledu u prosjeku od 9,5 dana i one koja je prije analize na sobnoj temperaturi (21-27 °C) provela prosječno 23 sata. Za skladištenje ribe na ledu koristio se omjer drobljenog leda od slatkovodne vode i srdele od 1:1.

Senzorskom analizom srdele koja nije podvrgnuta procesu hlađenja zamijećeno je značajno napredovanje kvarenja. Njena koža gubi sjaj i glatkoću te postaje suha i izbijeljena. Oči iz konkavnih prelaze u konveksne, rožnica postaje mat, a zjenica zamagljena. Roza boja škrga sve više blijedi, a sluz postaje mutna i viskozna. pH mišićja raste u oba slučaja. Kod jedinki na sobnoj temperaturi iznosi približno 6,85, a kod jedinki na ledu s početnih 6,24 raste na 6,55. Iako povećanje pH nije značajno, ono je rezultat produkata reakcija proteolize, bakterijske sinteze histamina te sinteze TMA.

Zabilježen je nagli porast vrijednosti TMA i TVB-N srdela čuvanih pri sobnoj temperaturi. Na poledenoj srdeli vrijednost TMA i TVB-N su varirale, stoga se ti uzorci mogu podijeliti u dvije skupine. Tako je 4. dana eksperimenta u prvoj skupini vrijednosti TMA značajnije porasla i iznosila $2,72 \frac{mg \text{ TMA-N}}{100 g}$, a vrijednosti TVB-N iznose $5,20 \frac{mg \text{ TVB-N}}{100 g}$. U drugoj skupini vrijednosti su niže i iznose $0,21 \frac{mg \text{ TMA-N}}{100 g}$ i $3,7 \frac{mg \text{ TVB-N}}{100 g}$. Razlike u analiziranim vrijednostima među skupinama mogu se objasniti različitom temperaturom mora prilikom ulova te kvalitativnoj i kvantitativnoj razlici mikroflore uzoraka. Općenito su vrijednosti TMA kod sitne plave ribe u usporedbi s ostalim vrstama ribe niže. Rezultat je to niskih početnih vrijednosti TMAO te relativno niskog pH mišićja kod pelagičnih riba. Razlike u vrijednostima između TMA i TVB indiciraju nastanak ostalih ne proteinskih komponenti poput amonijaka (kao rezultata bakterijske proteolize) te metabolizma aminokiselina u mišićju ribe. Razmnožavanje bakterija na poledenoj ribi bilo je sporije jer je na nižim temperaturama rast mezofilnih i psihrotrofnih bakterija bio inhibiran.

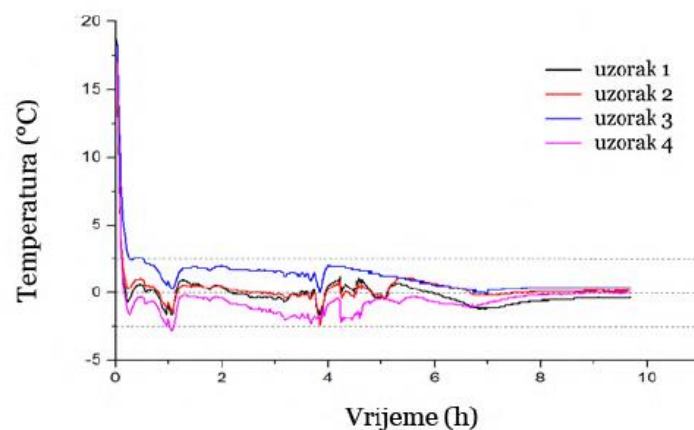
Osim korištenja leda, tehnike koje se koriste za hlađenje sitne plave ribe su ohlađeno more, mješavina mora i leda te pahuljasti led (Barros-Velazques i sur., 2008). Shwayer i Pizzali (2003) uspoređivali su temperaturne profile ribe hlađene ljuskastim ledom, ohlađenim morem (RSW) i pahuljastim ledom. Na slici 13. prikazan je odnos medija za hlađenje i vremena potrebnog da dostigne temperaturu sustava od 0 °C. Kao najbrža i najefikasnija metoda hlađenja pokazala se ona korištenjem pahuljastog leda. Tom mediju bilo je potrebno 80 minuta kako bi temperaturu ribe snizio s početnih 15 °C na 0 °C. RSW metodi je za snižavanje temperature do iste vrijednosti bilo potrebno 90 minuta. Najlošije vrijednosti imali su uzorci skladišteni na ljuskastom ledu. Ti uzorci ni nakon 180 minuta nisu postigli željenu vrijednost. Shwayer i Pizzali (2003) zaključuju da razlog tome treba tražiti u prethodno spomenutom ograničenom kontaktu koji korištenjem tog načina hlađenja postoji između leda i ribe.



Slika 13. Temperaturni profil uzoraka hlađenih ledom, RSW i pahuljastim ledom (prema Shwayer i Pizzali, 2003).

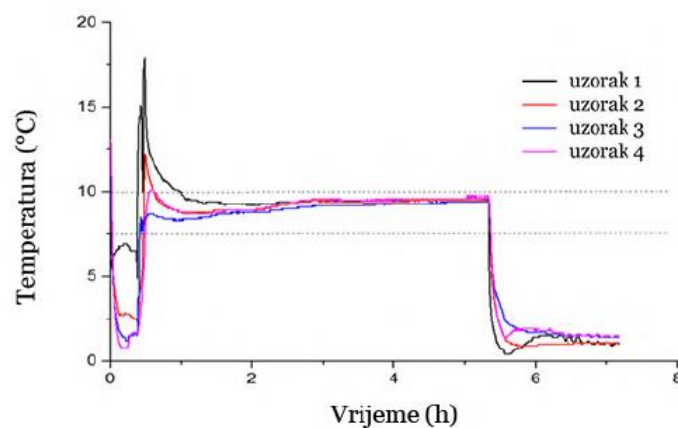
Janči i Vidaček Filipec (2019) uspoređivali su temperaturne profile srdela ulovljenih brodovima na kojima postoje različiti načini transporta ribe. Na slikama 14. i 15. prikazani su temperaturni profili srdela koje su nakon prvotnog hlađenja u mješavini mora i leda do pogona za preradu transportirane u izotermičkim sanducima (Slika 14.) i u kašetama (Slika 15.).

Temperaturni profili uzoraka u mješavini mora i leda pokazuju nagli pad temperature neposredno nakon uranjanja ribe u mješavinu te potvrđuju kako je taj medij pogodan za efikasno snižavanje temperature ribe u kratkom vremenskom periodu. Nakon 15 minuta riba u mješavini mora i leda postiže temperaturu u rasponu od -2°C do $+2^{\circ}\text{C}$. Daljnje temperaturne vrijednosti uzoraka za vrijeme trajanja transporta su stabilne i bez fluktuacija u intervalu između -1°C i $+1^{\circ}\text{C}$. U 40-toj minuti dolazi do fluktuacije temperature jer prilikom transporta ribe dolazi do miješanja sadržaja, ali one nisu značajne i tijekom cijelog procesa ne prelaze 2°C (Slika 14.).



Slika 14. Temperaturni profil uzoraka transportiranih u izotermičkim sanducima (Janči i Vidaček Filipec, 2019).

Na slici 15. prikazani su temperaturni profili uzoraka koji su nakon hlađenja transportirani u kašetama. Vidljiv je nagli porast temperature zabilježen prilikom prebacivanja ulova iz spremnika za hlađenje u kašete. Riba se nakon stavljanja u kašete dodatno ne poledjuje i izložena je povišenim temperaturama okolnog zraka. Temperatura transporta iznosila je između 7 - 10°C. Završni pad temperature posljedica je dodatka leda u svaku kašetu prilikom njihovog iskrcaja u kamion za daljnji transport.

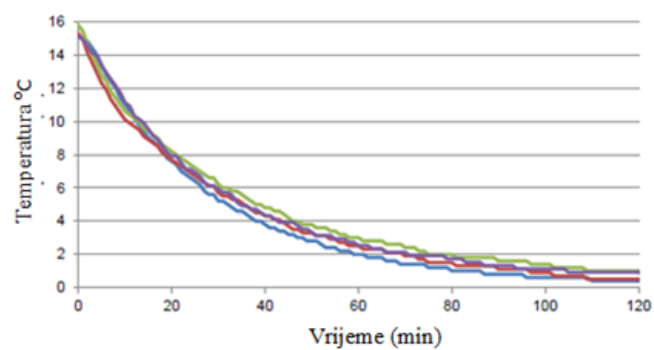


Slika 15. Temperaturni profil uzorka transportiranog u kašetama (Janči i Vidaček Filipec, 2019).

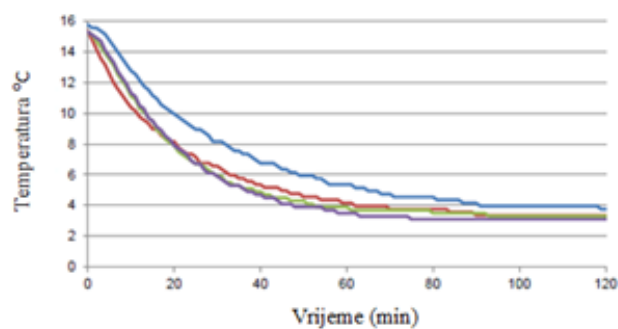
Janči i Vidaček Filipec (2019) zaključuju da transport kašetama uzrokuje značajnije promjene na temperaturi ribe zbog utjecaja vanjskih faktora na nju. Takav transport negativno utječe na kvalitetu ribe te je potrebno obratiti pažnju na način na koji će se obaviti početno hlađenje ribe te na optimalan omjer korištenog leda, mora i ribe.

Garcia i Careche (2002) istraživali su razlike inicijalnih vrijednosti temperature srdela hlađenih u EPS kašetama na ledu, EPS kašetama u mješavini mora i leda te u drvenim kašetama na ledu. Dobiveni rezultati pokazuju znatno više temperature srdela hlađenih ledom u drvenim kašetama. Njihova temperatura iznosila je 3,5 °C, dok su srdele u EPS kašetama imale konstantnu temperaturu od približno 0 °C. Dobiveni rezultati u skladu su i s istraživanjem Careche i sur. (2002) koji su slično istraživanje proveli na incunu. Rezultati su pokazali da je inicijalno hlađenje incuna bilo brže te su postignute niže temperature kod onih uzoraka koji su skladišteni u EPS kašetama (na ledu i u mješavini mora i leda).

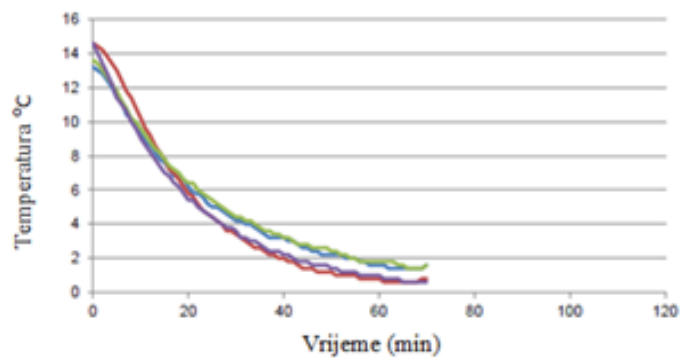
James i sur. (2013) istraživali su razlike u temperaturnim profilima skuše i haringe hlađene ledom u granulama te mješavinom mora i leda s i bez cirkulacije medija. Prije provođenja eksperimenta, sve su jedinice temperirane na 16 ± 1 °C. Kod korištenja leda u granulama, jedinice se nalaze u kašetama s perforacijama za istjecanje otopljenog leda. Kod korištenja mješavine mora i leda korištene su kašete bez perforacija, a za cirkulaciju medija koristio se komprimirani zrak. Na slikama 16., 17. i 18. prikazani su temperaturni profili skuše skladištenu u navedenim medijima. Dobiveni rezultati temperaturnih profila slični su i kod eksperimenta na haringi. Međutim, zbog veće veličine i težine jedinki skuše, njihovo je hlađenje u svim sustavima trajalo duže. Usporedbom vremena potrebnog da se temperatura skuše spusti s početnih 16 °C na 4 °C James i sur. (2013) zaključuju da se hlađenjem mješavinom mora i leda uz cirkulaciju medija postižu najbolji rezultati (hlađenje traje 30 minuta). Hlađenje do 4 °C ledom u granulama traje 43 minute. Dok je kod sustava bez cirkulacije medija hlađenje sporije uz stratifikaciju temperature zbog razlike u gustoći vode pri 4 °C i traje 63 minute. Zbog stratifikacije temperature gornji dijelovi spremnika nižih su vrijednosti temperature (približno 0 °C), a temperatura pri dnu spremnika iznosi 4 °C.



Slika 16. Temperaturni profil skuše na ledu (prema James i sur., 2013).



Slika 17. Temperaturni profil skuše u mješavini mora i leda bez cirkulacije (prema James i sur., 2013).



Slika 18. Temperaturni profil skuše u mješavini mora i leda s cirkulacijom (prema James i sur., 2013).

Iz eksperimenta Ababouch i sur. (1996) da se zaključiti da je izrazito bitno nakon ulova sniziti temperaturu ribe kako bi smanjili stupanj fizikalnih, kemijskih, biokemijskih i mikrobioloških promjena na ribi, odnosno usporili narušavanje njene svježine. Niske temperature odmah nakon ulova pogoduju kasnijem nastanku rigor-mortisa, odnosno produljenju rok trajanja tako ohlađene ribe (Prout i Misson, 2004). Iako je led tradicionalan medij kojim se odvija hlađenje ribe na brodovima, usporedbom rezultata James i sur. (2013), Shwayer i Pizzali (2003), Janči i Vidaček Filipec (2019), zaključeno je da brže inicijalno hlađenje imaju oni sustavi u kojima ribu okružuje tekući medij. Zbog boljeg kontakta medija i ribe postignute temperature su stabilne i bez fluktuacija. Međutim, ako se koriste izotermički sanduci treba obratiti pažnju na stratifikaciju temperature u sustavima bez cirkulacije (James i sur., 2013). Te se u tom slučaju preporučuje temeljito miješanje sadržaja unutar sanduka tako da se međusobno pomiješaju gornji i donji slojevi (Janči i Vidaček Filipec 2019).

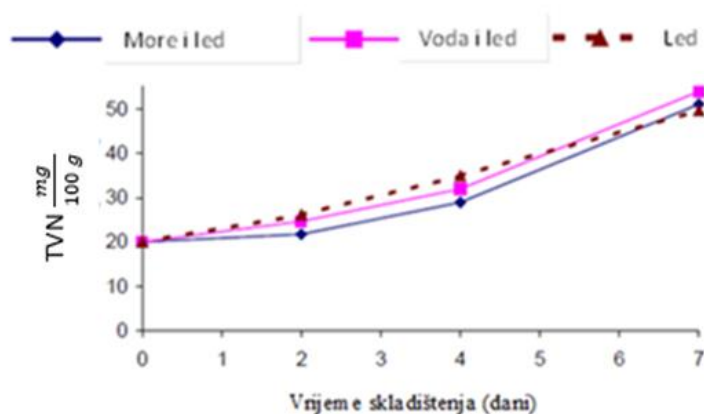
3.3. UTJECAJ RAZLIČITIH METODA ODRŽAVANJA HLADNOG LANCA NA KVALITETU RIBE

Očuvanje svježine ribe i produljenje njenog roka trajanja dva su pojma koja direktno ovise o temperaturi skladištenja ribe. Dok će temperatura skladištenja direktno ovisiti o odabranom načinu održavanja hladnog lanca (Medina i sur., 2009). U nastavku su prikazane usporedbe kvalitete ribe ovisno o korištenim sustavima održavanja hladnog lanca.

Mallikeage (2001) se u svojem istraživanju bavi odabirom najbolje metode hlađenja haringe ulovljene pelagičnom kočom. S obzirom na to da je haringa riba s visokim udjelom masti (1-24 %) i vode (60-81 %), do njenog kvarenja dolazi brzo ukoliko joj se temperatura ne spusti odmah nakon ulova. Eksperiment je postavljen tako da su se kao rashladni mediji koristili mješavina mora i leda, leda i slatkovodne vode te čisti led. Mješavine su se sastojale od omjera leda i vode koji je iznosio 70:30. Mješavinom mora i leda postignuta je najniža temperatura sustava te je ona za vrijeme trajanja eksperimenta bila konstantno ispod 0 °C. Mješavina slatkovodne vode i leda te čisti led, kao mediji koji nisu u sebi imali sol da utječe na sniženje ledišta, doveli su do toga da je u središtu haringe temperatura za vrijeme sedmodnevnog eksperimenta bila iznad 0 °C, odnosno varirala između 0,3 i 1,7 °C.

Nisu zamijećene razlike u vrijednosti ukupnog broja mikroorganizama (Total Plate Count). One su kod sva 3 sustava s početnih $2,7 \cdot 10^3$, nakon tjedan dana skladištenja porasle do konačnih $4,0 \cdot 10^6$.

Porast TVN vrijednosti kod svih sustava rezultat je autolitičkih procesa. Iako je najviši porast vrijednosti ukupnog hlapljivog dušika u početnim danima skladištenja zabilježen kod ribe skladištene na ledu (Slika 19.), na kraju sedmodnevnog eksperimenta najviše vrijednosti zabilježene su kod jedinki skladištenih u ohlađenoj slatkovodnoj vodi te su iznosile približno $50 \frac{mg}{100 g}$. Autolitičke promjene na ribi tijekom skladištenja mogu dovesti do ubrzanja rasta bakterija. Dok će mješavina mora i leda zbog niske inicijalne temperature hlađenja i održavanja hladnog lanca djelovati inhibitorno na njihov rast.

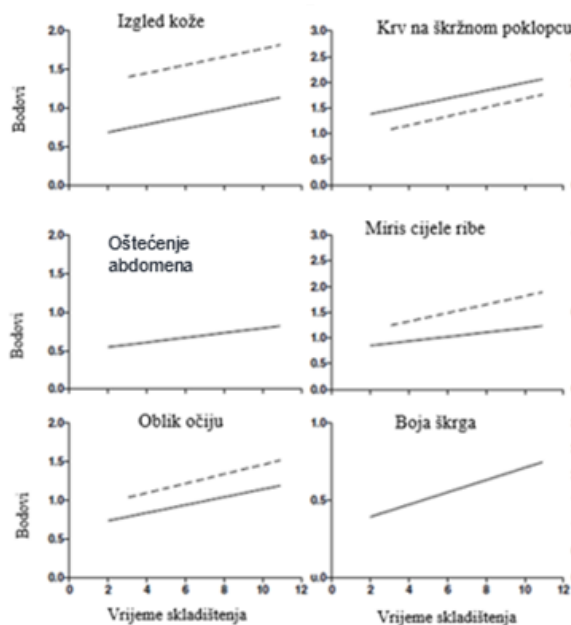


Slika 19. Ovisnost TVN vrijednosti o danima skladištenja ribe u trima različitim medijima (prema Mallikage, 2001).

Nedostatak skladištenja haringe u mješavini mora i leda predstavlja apsorpcija NaCl iz rashladnog medija. Ona rezultira povišenjem koncentracije soli u haringi za 0,8 %. Haringa skladištena u mješavini mora i leda bilježi još jedan nedostatak. Kod tako skladištenih uzoraka zabilježen je značajan pad udjela masti. S početnih 15,4 %, on je nakon tjedan dana pao na 13,98 %. Mallikage to prepisuje utjecaju soli koji u ovom slučaju može djelovati kao katalizator oksidacijskih reakcija. Kako bi se spriječili navedeni nedostaci ovog sustava, Mallikage preporučuje da se mješavina za rashladni medij pripremi koristeći ne samo led i more, već i uz dodatak slatkovodne vode kako bi se smanjila koncentracija NaCl. Drugo predloženo rješenje je da se hlađenje provede ljuskastim ledom dobivenim od mora, a da se udio soli u takvom sustavu kontrolira i podešava odvođenjem vode nastale otapanjem tako pripremljenog leda.

Usporedbom mikrobioloških, kemijskih i fizikalnih parametara, zaključeno je da mješavina mora i leda daje haringu najbolje kvalitete. Bitni faktor koji ovaj sustav ističe od ostalih su niže temperature skladištenja ribe. To je brza i efektivna metoda hlađenja, no glavni nedostatak joj predstavlja visoka koncentracija soli koja iz otopljenog leda brzo penetrira u tkivo ribe. Sol ima i katalitičko djelovanje na reakcije oksidacije masti. Za ribu koja je namijenjena izravnoj prodaji bez dodatnog procesiranja taj visok udio soli može dovesti do pojave slanog okusa što je onda čini ne prihvatljivom potrošaču (Mallikage, 2001).

Nielsen i Hyldig (2004) istraživali su razlike u kvaliteti haringe s obzirom na način njenog skladištenja na brodu nakon ulova. Dio uzoraka skladišten je 2-3 dana u mješavini mora i leda prije uzorkovanja, a druga polovica uzoraka skladištena je 1 do 2 dana na ledu. Nakon uzorkovanja s plovila uzorci su skladišteni 11 dana u hladnjaku na temperaturi od 0 °C te im je po potrebi dodavan led. Senzorskom analizom korištenjem QIM metode bolje ocjene postignute su kod haringe skladištene na ledu. Rezultati su pokazali da skladištenje u mješavini mora i leda dovodi do brže pojave neugodnih mirisa te škrge tih uzoraka brže gube boju, a koža tako skladištene haringe je bljeđa. Nedostatak primijećen kod haringe skladištene na ledu bio veća količina krvi na škragama (Slika 20.). Iako razlikuje kvalitetu haringi skladištenih korištenjem različitih medija za održavanja hladnog lanca, Nielsen i Hyldig (2004) zaključuju da je nedostatak QIM sheme nemogućnost njenog korištenja za predviđanje roka trajanja haringe.



Slika 20. Ovisnost vremena skladištenja haringe na ledu (- -) i u mješavini mora i leda (-) prema vrijednosti deskriptora QIM sheme (prema Nielsen i Hyldig, 2004).

Garcia i Carache (2002) istraživali su razlike u uspješnosti održavanja hladnog lanca srdela skladištenih u EPS i drvenim kašetama. Uzorci skladišteni u EPS kašetama podijeljeni su u 3 skupine. Na one koje su skladištene u mješavini mora i leda za vrijeme transporta, a nakon 48 sati prebačeni na led do početka analiza. Drugu trećinu činile su srdele u EPS kašetama u mješavini mora i leda kroz cijelo vrijeme skladištenja. A zadnja grupa uzoraka provela je cijelo vrijeme eksperimenta u EPS kašetama na ledu. Analize su vršene nakon 2 i nakon 9 dana skladištenja.

Rezultati QIM metode pokazuju da najbolji izgled i najmanji udio oštećenja abdomena pokazuje lot cijelo vrijeme trajanja eksperimenta skladišten u mješavini mora i leda. Garcia i Carache (2002) zaključuju da mješavina mora i leda osim što dovodi do brzog snižavanja temperature sustava, s obzirom na to da se radi o fluidnom mediju, dovodi i do manjeg broja fizičkih oštećenja na ribi, a samim time i do bolje QI ocjene. Mješavina mora i leda sustav je koji kada je primijenjen kroz cijelo vrijeme transporta bilježi niže vrijednost TMA i TBV-N, bolje mikrobiološke i senzorske ocjene.

Careche i sur., (2002) postavljajući sličan eksperiment na inćunima dolaze do sličnih zaključaka. Uspoređuju inćun skladišten u drvenim kašetama na ledu, naspram inćuna u EPS kašetama s perforiranim dnom na ljuskastom ledu i EPS kašetama s inćunima u mješavini mora i leda. Iako je inicijalno hlađenje brže kod uzoraka u EPS kašetama s ljuskastim ledom, mješavina mora i leda drži temperaturu inćuna bez značajnijih fluktuacija između 0 i 1,5 °C, dok poledeni inćuni u EPS kašetama bilježe temperature i do 6 °C. Lot koji se čuvao u mješavini mora i leda imao je i niže vrijednosti TVC od onog koji je nakon mješavine mora i leda premješten na led. Razlog se može naći u brzom inicijalnom hlađenju koje se onda konstantno održavalo. Senzorska analiza pokazuje značajnije promjene na izgledu površine inćuna. Ona je u mješavini mora i leda puno svjetlija te u većini analiza manji broj jedinki u takvom sustavu bilježi oštećenja abdomena. Zaključeno je da mješavina mora i leda doprinosi boljem održavanju hladnog lanca, boljem vanjskom izgledu, odnosno boljom senzorskom ocjenom uzoraka.

Prout i Misson (2004) istražuju utjecaj pahuljastog leda, kao medija za održavanja hladnog lanca prilikom skladištenja skuše. Rezultat uspoređuju s kontrolnom grupom skladištenom na ljuskastom ledu. Uzorci skuše skladištili su se u izotermičkom spremniku volumena 100 m³ s

omjerom ribe prema pahuljastom ledu 50:50. Nakon ulova ribe vrijeme potrebno da se temperatura ribe s početnih 12 °C snizi na 0 °C bilo je izrazito brzo i iznosilo je pola sata.

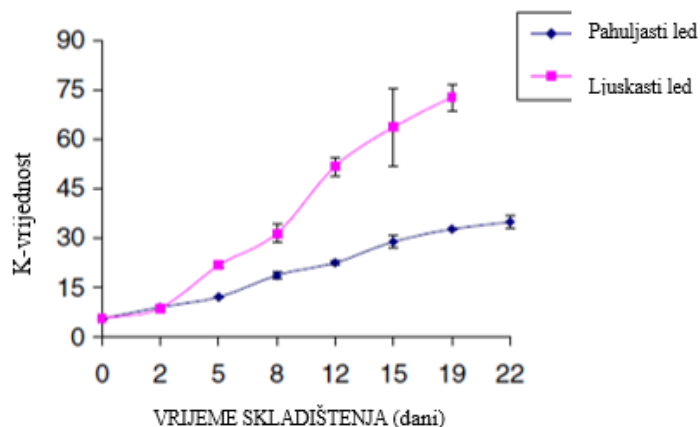
Pahuljasti led s udjelom od 3,5% soli održava temperaturu ribe između -1,9 i -1,0 °C. Ovako niske temperature postignute hlađenjem pahuljastim ledom dovele su do djelomičnog smrzavanja određenih dijelova ribe, međutim reakcija je reverzibilna, odnosno nakon odležavanja tih dijelova nisu zamijećene ireverzibilne promjene na izgledu ribe. Udio soli u skuši skladištenoj u pahuljastom ledu se zanemarivo povećao u usporedbi s ljuskastim ledom ($0,15 \frac{g}{100 g}$, naspram $0,05 \frac{g}{100 g}$).

Inicijalna TVC vrijednost na koži uzoraka iznosila je 10^2 - 10^5 , a dominantna vrsta bila je *Pseudomonas*. Za vrijeme skladištenja primijećeno je da niže temperature postignute pahuljastim ledom dovode do smanjenja rasta bakterija za faktor 10.

Analizom dušikovih spojeva koji služe kao indikatori kvarenja ribe dobiveni su rezultati koji pokazuju da koncentracije TMAO ostaju približno iste nakon 7 dana čuvanja u pahuljastom ledu, iako je za očekivati da će napredovanjem kvarenja doći do pada vrijednosti TMAO i povećanja vrijednosti TMA. Dobiveni rezultati nakon 7 dana skladištenja mogu se usporediti s onima koje bi riba postigla nakon 2 dana skladištenja u RSW sustavu. Duži rok trajanja ribe u pahuljastom ledu potvrđuje i senzorska analiza kojom je zaključeno da skuša čuvana u pahuljastom ledu ima rok trajanja od 9 dana, što je za 2 dana duže od one skladištene na ljuskastom ledu. Zbog svega navedenog Prout i Misson (2004) zaključuju da se pahuljasti led smatra idealnom metodom skladištenja pelagične ribe. Niske temperature odmah nakon ulova pogoduju kasnijem nastanku rigor-mortisa, odnosno produljenju rok trajanja tako skladištene ribe (Prout i Misson, 2004).

Losada i sur. (2005) ispitivali su promjene koje se zbivaju na šarunu skladištenom u pahuljastom ledu i uspoređivali ih s uzorcima skladištenim na ljuskastom ledu. Uzorci su analizirani kroz vremenski period od 22 dana. Dobiveni rezultati pokazuju da u oba načina skladištenja udio vode i lipida u uzorcima ne varira već se samo mijenja udio NaCl. Nakon 2 dana skladištenja zabilježen je značajniji porast NaCl u uzorcima skladištenim u pahuljastom ledu. Nakon 22 dana oni iznose $7,2 \pm 0,9 \frac{g}{kg}$. Ovaj porast NaCl je puno niži nego kod onih radova provedenih na ribi nakon hlađenja u ohlađenom moru ili nakon soljenja.

Autolitička razgradnja mjerena je kroz analizu K-vrijednosti (Slika 21.). Oba načina skladištenja dovode do porasta K-vrijednosti s napredovanjem vremena. Kod ljuskastog leda porast je značajniji, a nakon 12 dana ta se razlika udvostručila.



Slika 21. Usporedba K vrijednosti šaruna skladištenog u pahuljastom ledu i na ljuskastom ledu (prema Losada i sur., 2005).

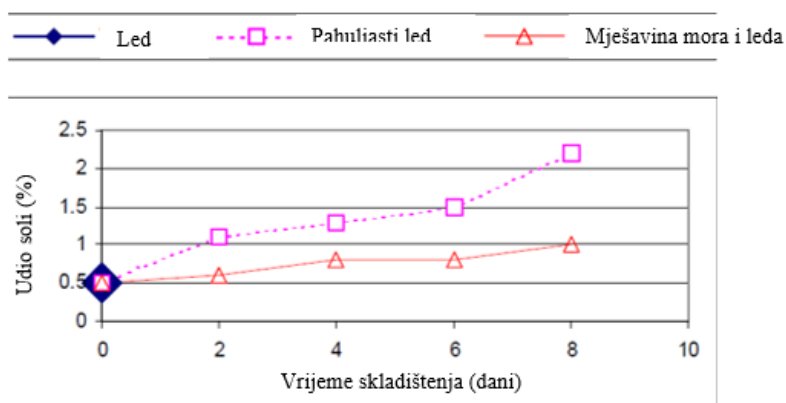
Stupanj lipidne hidrolize uzoraka mjereno je kao udio slobodnih masnih kiselina. Nastanak SMK ne znači nužno i gubitak na nutritivnoj vrijednosti ribe. Međutim, neka od istraživanja navode da stvaranje i akumulacija SMK dovodi do narušavanja teksture ribe jer dolazi do njihove interakcija s proteinima. Imat će i pozitivan učinak na povećanje lipidne oksidacije. Udio SMK kod jedinki nultog dana jednak je onima općenito zabilježenim za masne ribe poput tune ili srdele. Prvih 12 dana vrijednosti su približno jednake u oba načina skladištenja, ali nakon toga zabilježen je pad vrijednosti SMK kod uzoraka skladištenih u pahuljastom ledu. Sekundarna oksidacija mjerna je vrijednostima TBA. Oba načina skladištenja dovode do povećanja TBA te u oba do značajnijeg porasta vrijednosti dolazi nakon 5 dana skladištenja. S time da su veće vrijednosti zabilježene kod uzoraka na ljuskastom ledu.

Senzorskom analizom uzoraka u pahuljastom ledu zaključeno je da nakon 8 dana skladištenja riba zadržava kvalitetu kategorije E i A (Tablica 2.) Zamijećen je pad kvalitete ribe nakon 8 dana skladištenja, a nakon 19 dana ona prestaje biti za ljudsku uporabu. Najlošije su ocijenjene oči, škrge i miris mesa, dok su najbolje ocjene dodijeljene u kategoriji konzistencije koja je zadovoljavajuća i nakon 22 dana. Za razliku od pahuljastog, ljuskasti led omogućava zadržavanje zadovoljavajuće kvalitete ribe kroz samo 2 dana (riba bilježi E i A kategoriju). Nakon dva dana skladištenja kvaliteta značajno pada, a nakon 8 dana je nezadovoljavajuća (C).

Tablica 2. Senzorske ocjene uzoraka korištenjem EU sheme s obzirom na način skladištenja (prema Losada i sur., 2005).

UVJETI HLAĐENJA	VRIJEME SKLADIŠTENJA (DANI)						
	2	5	8	12	15	19	22
Pahuljasti led	E	A	A	B	B	C	C
Ljuskasti led	E	B	C	C	C	C	

Hassan (2002) istražuje razlike u kvaliteti haringe koristeći 3 različite metode održavanja hladnog lanca. Haringa je skladištena u mješavini mora i leda, pahuljastom te ljuskastom ledu. Ljuskasti led je haringu održavao na 0°C, mješavina mora i leda na -0,4 °C, a temperaturni profil pahuljastog leda je fluktuirao između -1,8 i +1,5 °C. Početne TVN vrijednosti iznose $17,5 \frac{mg TVN}{100 g}$ za sve uzorke. Nakon 8 dana uzorci u sva 3 medija imaju TVN iznad propisanih granica, s time da je TVN haringe na ledu značajnije viši od ostalih ($56,4 \frac{mg TVN}{100 g}$). Nakon 4 dana su premašene dozvoljene vrijednosti od $25 \frac{mg TVN}{100 g}$. Najviši porast udjela soli bilježi haringa u pahuljastom ledu. On raste s početnih 0,5 % na 3,1 % nakon 8 dana skladištenja. Udio soli za pelagične ribe za ljudsku uporabu je 2,0 % i premašen je pahuljastim ledom (Slika 22).



Slika 22. Porast koncentracije soli u haringi s protjecanjem vremena skladištenja (prema Hassan, 2002).

Iako led može sačuvati kvalitetu ribe kroz određeno vrijeme, ono je relativno kratko u uspoređi s ostalim načinima čuvanja. Kod Mallikeage (2001), Prout i Misson (2004), Losada i sur.

(2005), Garcia i Cache (2002) zabilježen je kraći rok trajanja ribe na ljuskastom ledu u usporedbi s pahuljastim ledom te mješavinom mora i leda. Tako je u eksperimentima postavljenima od strane Prout i Misson (2004) rok trajanja ribe skladištene u pahuljastom ledu produžen za 2 dana u usporedbi s ljuskastim ledom, a u eksperimentu Losada i sur. (2005) nezadovoljavajuća ocjena EU shemom za ribu u pahuljastom ledu zabilježena je 11 dana kasnije od uzoraka na ljuskastom ledu.

Zbog i do 4 puta veće površine za izmjenu topline kod pahuljastog leda u usporedbi s onom koja se postigne upotrebom ljuskastog leda i inicijalno hlađenje će biti brže. Koliku će temperaturu sustav pahuljastog leda postići ovisi o koncentraciji soli u mješavini, a u navedenim eksperimentima postignuta temperatura se kreće se od -1,9 °C (Prout i Misson, 2004) do +1,5 °C (Hassan 2002).

Za lipidni sastav morskih riba karakterističan je povećani udio nezasićenih masnih kiselina. Kao što je spomenuto, one su podložne promjenama oksidacije i mogu dovesti do značajnih promjena na kvaliteti ulovljene ribe (Aubourg, 2001). Imajući to na umu, provedena istraživanja pokazuju da pahuljasti led zbog niskih postignutih temperatura u sustavu dovodi do inhibitornog efekta na oksidativne i hidrolitičke promjene na ribi. Njegova primjena kao medija hlađenje masnih vrsta ribe preporučuje se jer dovodi do značajnijeg produljivanja roka trajanja ribe te riba pokazuje manje promjene na kvaliteti i svježini (Losada i sur., 2005).

S obzirom na to da pahuljasti led te mješavina mora i leda obuhvaćaju cijelu površinu ribe, takvi će tekući sustavi teoretski djelovati i kao ispirajući površine ribe te dovoditi do smanjenja broja mikroorganizama na ribi. Mikroskopska veličina čestica smanjuje mogućnost oštećenja površine ribe te će ona biti bolje senzorski ocijenjena (Losada i sur. 2005) (Garcia i Carache, 2002) (Carache i sur., 2002).

Niže vrijednosti TMA i TBV-N u mješavini mora i leda u usporedbi sa skladištenjem na ljuskastom ledu (Charache i sur, 2007, Garcia i Carache, 2002, Mallikeage, 2001) mogu se objasniti kao rezultat nepovoljnih uvjeta u mješavini mora i leda koji ne dozvoljavaju rast organizama odgovornih za njihovu proizvodnju. Zbog slabe topljivosti kisika u mješavini mora i leda, stvaraju se uvjeti koji sprječavaju oksidaciju lipida pa će tako skladištena riba imati niže vrijednosti užeglosti (Garcia i Carache, 2002).

Nedostatak oba sustava je povećanje koncentracije soli u uzorcima. Tako je u mješavini mora i leda haringa postigla vrijednosti od 0,8 % NaCl nakon tjedan dana skladištenja (Mallikeage, 2001), a haringa u eksperimentu u pahuljastom ledu (Hassan 2002) nakon 8 dana 3,1 %. Iako

Losada i sur. (2005) navode da sol u sustavu pahuljastog leda i ribe dovodi do inhibitornog efekta na oksidativne i hidrolitičke promjene, Mallikeage (2001) primjećuje da sol djeluje kao katalizator oksidacijskih reakcija i može dovesti do pada udjela masti u ribi s napredovanjem vremena skladištenja.

Svi rezultati istraživanja potvrđuju da će korištenje tekućeg medija za održavanje hladnog lanca dati ribu produljenog roka trajanja, boljih kemijskih i mikrobioloških parametara te bolje senzorske ocjene. Iako su navedene mnoge prednosti korištenja ovih sustava, njihov udio na bodovima još je izrazito nizak. Ribari kao glavni nedostatak navode potrebu za osiguranjem velikog prostora za skladištenje ribe u spremnicima, a i ne vide značajnu razliku u kvaliteti ribe, stoga smatraju da nije opravdana količina ulaganja za dobivenu kvalitetu (Piñeiro i sur., 2004).

4. ZAKLJUČAK

Glavni faktori koji utječu na brzinu kvarenja ulovljene ribe su temperatura, vrijeme, fizička oštećenja te unutrašnji faktori. Utjecaj navedenih faktora na kvalitetu ribe je kumulativan zbog čega je pravilno rukovanje ribom nužno u svakoj fazi lanca od ulova do stola. Različite metode ukrcaja, hlađenja i održavanja hladnog lanca umanjuju utjecaj navedenih faktora do određenog stupnja. Metoda ukrcaja ulova mora osigurati minimalan mogući stres za ribu unutar mreže te omogućiti minimalno vrijeme potrebno za ukrcaj. Metoda hlađenja mora osigurati postizanje temperature što bliže temperaturi ledišta u što kraćem vremenu. Metoda održavanja hladnog lanca mora osigurati minimalne fluktuacije temperature i umanjiti mogućnost fizičkih oštećenja tijekom transporta i skladištenja do prerade. Iz pregleda dostupne znanstvene literature može se zaključiti sljedeće:

1. Upotreba pumpi za ukrcaj ribe ne zahtijeva visoku gustoću ulova unutar mreže čime se umanjuje stres te omogućuje ukrcaj ulova u značajno kraćem vremenu u odnosu na ukrcaj oprarom.
2. Uslijed slabijeg kontakta ribe i rashladnog medija hlađenje ulova pomoću leda zahtijeva dulje vrijeme te postoji mogućnost fizičkih oštećenja zbog direktnog kontakta ribe i leda.

3. Hlađenje ulova tekućim rashladnim medijem (mješavina morske vode i leda ili pahuljasti led) omogućuje potpuni kontakt ribe s rashladnim medijem te omogućava veliku brzinu hlađenja.
4. Tekući rashladni medij također umanjuje mogućnost nastanka fizičkih oštećenja uslijed nagnječenja i direktnog kontakta ribe s ledom.
5. Tijekom transporta i skladištenja ulova u kašetama s ledom dolazi do značajnih fluktuacija temperature uslijed izloženosti okolišnim uvjetima te mogućnosti nastanka fizičkih oštećenja uslijed vibracija tijekom transporta i kontakta ribe s ledom.
5. Tekući medij tijekom transporta i skladištenja u izotermičkim sanducima osigurava minimalne fluktuacije temperature te smanjuje mogućnost fizičkih oštećenja.

Uobičajena praksa rukovanja ribom na brodovima u ribarskoj floti Hrvatske u većini slučajeva podrazumijeva ukrcaj ribe na plovilo pomoću oprare, hlađenje u mješavini morske vode i leda te transport do pogona za preradu u kašetama s ledom. Iz svega ranije navedenog može se zaključiti da bi promjena uobičajene prakse koja podrazumijeva upotrebu pumpi za ukrcaj ulova te transport i skladištenje ulova u izotermičkim sanducima s mješavinom morske vode i leda mogla rezultirati boljim očuvanje kvalitete ribe od ulova do prerade.

5. LITERATURA

Ababouch, L. H., Souibri, L., Rhaliby, K., Ouahdi, O., Battal, M., Busta, F. F. (1996) Quality changes in sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice and at ambient temperature. *Food microbiol.* **13**, 123-132.

Anders, N., Eide, I., Lerfall, J., Roth, B., Breen, M. (2020) Physiological and flesh quality consequences of pre-mortem crowding stress in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *PLoS One.* **15**, 1-25.

Anonymous (2014) Plan upravljanja za okružujuće mreže plivarice-srdelare, <https://ribarstvo.mps.hr/UserDocsImages/PLAN_PLIVARICE__SRDELARE.pdf>. Pristupljeno 20. svibnja 2020.

Aubourg, S. P. (2001) Loss of quality during the manufacture of canned fish products. *Food Sci. Technol. Int.* **7**, 199-215.

Barros-Velazques, J., Gallardo, J. M., Calo, P., Aubourg, S. P. (2008) Enhanced quality and safety during on-board chilled storage of fish species captured in the Grand Sole North Atlantic fishing bank. *Food Chem.* **106**, 493–500.

Caponio, F., Lestingi, A., Summo, C., Bilancia, M. T., Laudadio, V. (2004) Chemical characteristics and lipid fraction quality of sardines (*Sardina pilchardus* W.): influence of sex and length. *J. Appl. Ichthyol.* **20**, 530–535

Careche, M., Garcia, R., Borderias, J. (2002) Anchovy shelf life as affected by different chilling methods during distribution. *J. Food Prot.* **65**, 353-361.

Carpi, P., Scarcella, G., Cardinale, M. (2017) The Saga of the Management of Fisheries in the Adriatic Sea: History, Flaws, Difficulties, and Successes toward the Application of the Common Fisheries Policy in the Mediterranean. *Front. Mar. Sci.* **4**, 423.

Checkley Jr, D. M., Asch, R. G., Rykaczewski, R. R. (2017) Climate, Anchovy, and Sardine. *Annu. Rev. Mar. Sci.* **9**, 469-493.

Cheng, J. H., Sun, D. W., Zeng, X. A., Liu, D. (2015) Recent Advances in Methods and Techniques for Freshness Quality Determination and Evaluation of Fish and Fish Fillets. *Crit. Rev. Food Sci.* **55**, 1012-1225.

- Digre, H., Tveit, G.M., Solvang-Garten, T., Eilertsen, A., Aursand, I.G. (2016) Pumping of mackerel (*Scomber scombrus*) onboard purse seiners, the effect on mortality, catch damage and fillet quality. *Fish. Res.* **176**, 65–75.
- FAO (2018) The state of world fisheries and aquaculture - Meeting the sustainable development goals. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <<http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9229en>>. Pristupljeno 16. lipnja 2020.
- FAO (2020) The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <<https://doi.org/10.4060/ca9229en>>. Pristupljeno: 16. lipnja 2020.
- FDA (2020) Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance. FDA- U.S. Food and Drug Administration, White Oak, <<https://www.fda.gov/media/80637/download>>. Pristupljeno 15. svibnja 2020.
- Fréon, P., Cury, P., Shannon, L., Roy, C. (2005) Sustainable exploitation of small pelagic fish stocks challenged by environmental and ecosystem changes: a review. *Bull. Mar. Sci.* **76**, 385-462.
- García, R., Careche, M. (2002) Influence of chilling methods on the quality of sardines (*Sardina pilchardus*). *J. Food Prot.* **65**, 1024-1032.
- Gennari, M., Tomaselli, S., Cotrona, V. (1999) The microflora of fresh fish and spoiled sardines (*Sardina pilchardus*) caught in Adriatic (Mediterranean) Sea and stored in ice. *Food Microbiol.* **16**, 15-28.
- Ghaly, A. E., Dave, D., Budge, S., Brooks, M. S. (2010) Fish spoilage mechanisms and preservation techniques. *Am. J. Appl. Sci.* **7**, 859-877.
- Gildberg, A. (1978) Proteolytic activity and the frequency of burst bellies in capelin. *J. Food Technol.* **13**, 409-416.
- Gökoglu, N., Yerlikaya P. (2015) Seafood Chilling, Refrigeration and Freezing. Science and Technology, 1. izd., John Wiley & Sons, Ltd., Chichester.
- Hassan, A. R. B. (2002) The effect of different cooling techniques on quality parameters of herring in relation to Malaysian fisheries and design of refrigeration system suitable for Malaysian vessels. *Final projects. UNU-Fisheries Training Program*, 1-59.

- Huse, I., Vold, A. (2010) Mortality of mackerel (*Scomber scombrus* L.) after pursing and slipping from a purse seine. *Fish. Res.* **106**, 54-59.
- Huss, H. H. (1995) Quality and quality changes in fresh fish. FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <<http://www.fao.org/3/V7180E/V7180E06.htm>>. Pristupljeno 20. travnja 2020.
- James, C., Derrick, S., Purnell, G., James, S. J. (2013) Review of the risk management practices employed throughout the fish processing chain in relation to controlling histamine formation in at-risk fish species. Food Refrigeration & Process Engineering Research Centre, 1-163.
- Janči, T., Vidaček Filipec, S. (2019) Optimizacija ribolovnih aktivnosti u svrhu poboljšanja kvalitete male plave ribe. WWF Adria – Udruga za zaštitu prirode i očuvanje biološke raznolikosti. str 5-23.
- Kraljević, V., Čikeš Keč, V., Zorica, B. (2014) Analiza ulova ostvarenih plivaricom srdelarom u Jadranu. *Ribarstvo* **72**, 142-149.
- Losada, V., Piñeiro, C., Barros-Velázquez, J., Aubourg, S. P. (2005) Inhibition of chemical changes related to freshness loss during storage of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in slurry ice. *Food Chem.* **93**, 619-625.
- Lougovois, V. P., & Kyrana, V. R. (2005) Freshness quality and spoilage of chill-stored fish. U: Food Policy, Control and Research, (Riley, A.P., ured.), Nova Science Publishers Inc., New York, str. 35-86.
- Mallikage, M. (2001) The Effect Of Different Cooling System On Quality Of Pelagic Species. *UNU-Fisheries Training Programme*, 1-29.
- Marçalo A., Breen, M., Tenningen, M., Onandia, I., Arregi, L., M. S. Gonçalves J. (2019) Mitigating Slipping-Related Mortality from Purse Seine Fisheries for Small Pelagic Fish: Case Studies from European Atlantic Waters. U: *The European Landing Obligation: Reducing Discards in Complex, Multi-Species and Multi-Jurisdictional Fisheries*, [online] (Uhlmann, S.S., Ulrich, C., Kennelly, S. J., ured.), Springer Open, Cham, CH, str. 297-318, <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-03308-8_15>. Pristupljeno 20. lipnja 2020.

- Marçalo, A., Mateus, L., Correia, J. H. D., Serra, P., Fryer, R., Stratoudakis, Y. (2006) Sardine (*Sardina pilchardus*) stress reaction to purse seine fishing. *Mar. Biol.* **149**, 1509-1518.
- Medina, I., Gallardo, J. M., Aubourg, S. P. (2009) Quality preservation in chilled and frozen fish products by employment of slurry ice and natural antioxidants. *J. Food Sci. Technol.* **44**, 1467-1479.
- Merritt, J.H. (1969) Refrigeration of Fishing Vessels, 1. izd., Fishing News Books Ltd., London, str. 57–77.
- Ministarstvo poljoprivrede (2007) Studija: Kriteriji za definiranje i upravljanje ribarskom infrastrukturuom sukladno pravnoj stečevini EU, <http://europski-fondovi.eu/sites/default/files/dokumenti/Kriteriji_za_definiranje_upravljanje_ribarskom_infrastrukturuom_sukladno_pravnoj_ste%C4%8Devini_EU.pdf>. Pristupljeno 10. lipnja 2020.
- Murthy, L. N., Jeyakumari, A. (2019) Post mortem biochemical changes in fish. U: *Microbiological examination of seafood pathogens* [online] (Kumar, A., Murthy, L. N., Jeyakumari, A., Laly, S.J. , ured.), Mumbai Research Centre of ICAR- Central Institute of Fisheries Technology, Vashi, India, str. 56-69, <<https://krishi.icar.gov.in/jspui/bitstream/123456789/32732/1/Microbiological%20examination%20of%20seafood%20pathogens.pdf>>. Pristupljeno 4.lipnja 2020.
- Muscarella, M., Magro, S. L., Campaniello, M., Armentano, A., Stacchini, P. (2013) Survey of histamine levels in fresh fish and fish product collected in Puglia (Italy) by ELISA and HPLC with fluorimetric detection. *Food Control.* **31**, 211-217.
- Musgrove, R., Carragher, J., Mathews, C., Slattey, S. (2007) Value-adding Australian sardines: Factors affecting rates of deterioration in sardine (*Sardinops sagax*) quality during post-harvest handling. *Food Control.* **18**, 1372–1382.
- Mustać, B., Marić, L. (2016) Gospodarenje sitnom plavom ribom analizom uzoraka ribarskih lovina istočnog dijela Jadranskog mora. *Pomorski zbornik* **1**, 245-252.
- Nielsen, D., Hyldig, G. (2004) Influence of handling procedures and biological factors on the QIM evaluation of whole herring (*Clupea harengus* L.). *Food Res. Int.* **37**, 975-983.
- Nosić, M., Krešić, G. (2015) Plava riba – prednosti ali i neki rizici konzumiranja. *Hrana u zdravlju i bolesti: znanstveno-stručni časopis za nutricionizam i dijetetiku* **4**, 16-27.

- Pavličević, N., Baltić, Ž.M., Dimitrijević, M., Karabasil, N., Đorđević, V., Marković, R., Grbić, S. (2014) Polinezasićene masne kiseline u mesu ribe i njihov značaj za zdravlje ljudi. *Tehnologija Mesa* **55**, 2-7.
- Piñeiro, C., Barros-Velázquez, J., Aubourg, S. P. (2004) Effects of newer slurry ice systems on the quality of aquatic food products: a comparative review versus flake-ice chilling methods. *Trends In Food Sci. Technol.* **15**, 575-582.
- Pravilnik o obavljanju gospodarskog ribolova na moru okružujućom mrežom plivaricom – srdelalom (2019) *Narodne novine* **20**, Zagreb.
- Pravilnik o tržišnim standardima određenih proizvoda ribarstva (2010) *Narodne novine* **37**, Zagreb.
- Prout, P., Misson, T. (2004) Further Trials of the Pumpable Icing of Fish, <<https://www.seafish.org/media/Publications/SR558.pdf>>. Pristupljeno 11. travnja 2020.
- Rodríguez, Ó., Losada, V., Aubourg, S. P., Barros-Velázquez, J. (2004) Enhanced shelf-life of chilled European hake (*Merluccius merluccius*) stored in slurry ice as determined by sensory analysis and assessment of microbiological activity. *Food Res. Int.* **37**, 749-757.
- Shwayer, M., Pizzali, A.F.M. (2003) The use of ice on small fishing vessels. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <<http://www.fao.org/3/a-y5013e.pdf>>. Pristupljeno 20. svibnja 2020.
- Skulas-Ray, A. C., Wilson, P. W., Harris, W. S., Brinton, E. A., Kris-Etherton, P. M., Richter, C. K., Jacobson, T. A., Engler, M. B., Miller, M., Robinson, J. G., Blum, C. B., Rodriguez-Leyva, D., de Ferranti, S. D., Welty, F. K. (2019, 17. rujna) Omega-3 fatty acids for the management of hypertriglyceridemia: a science advisory from the American Heart Association, <<https://www.ahajournals.org/doi/full/10.1161/CIR.0000000000000709>>. Pristupljeno 15. lipnja 2020.
- Soldo, A., Bosnić, N., Mihanović V. (2019) Characteristics of the Croatian anchovy purse seiner fleet. *Acta Adriat.* **60**, 79 – 86.
- Šimat, V. (2011) Parametri kvalitete u proizvodima ribarstva. 5. konferencija o sigurnosti i kakvoći hrane u RH, Opatija, Hrvatska.
- Šimat, V., Generalić Mekinić, I. (2019) Advances in chilling. U: *Innovative Technologies in Seafood Processing*, (Ozogul, Y., ured.), CRC Press, London/New York, str. 1-21.

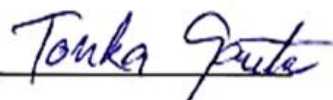
Thorleifsson, A. (2015) Effects of frozen storage on quality of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) caught in Icelandic Waters. Improving mackerel products in order to increase their value (doktorska dizertacija), School of Health Science, University of Iceland, Iceland.

Tičina V. (2007) Procjena rasprostranjenosti i obimnosti populacija sitne plave ribe u Jadranskome moru ultrazvučnom detekcijom (eho-monitoring),
<<https://ribarstvo.mps.hr/UserDocsImages/Arhiva/Studije/PELMON%202007.pdf>>.
Pristupljeno 20. svibnja 2020.

Tratnik, M., Radinović, S., Pedišić, P. (2007) Upravljanje fondom srdele u Hrvatskom dijelu Jadranskog mora. *Agronomski glasnik* **1**, 53-56.

IZJAVA O IZVORNOSTI

Izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristila drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.


Tonka Gata