

"Javnozdravstveni aspekt promjena fizikalnih parametara svježine lubina *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758)"

Donatović, Maro

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Dubrovnik / Sveučilište u Dubrovniku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:155:044039>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-28**



SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
UNIVERSITY OF DUBROVNIK

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Dubrovnik](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
ODJEL ZA AKVAKULTURU
DIPLOMSKI STUDIJ MARIKULTURA

Maro Donatović

**Javnozdravstveni aspekt promjena fizikalnih parametara svježine
lubina *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758)**

DIPLOMSKI RAD

Dubrovnik, 2019.

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
ODJEL ZA AKVAKULTURU
DIPLOMSKI STUDIJ MARIKULTURA

Maro Donatović

**Javnozdravstveni aspekt promjena fizikalnih parametara svježine
lubina *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758)**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Ana Gavrilović

Dubrovnik, 2019.

Ovaj diplomski rad izrađen je pod stručnim vodstvom izv. prof. dr. sc. Ane Gavrilović, u sklopu diplomskog studija Marikultura na Odjelu za akvakulturu Sveučilišta u Dubrovniku.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Lubin, <i>Dicentrarchus labrax</i> (Linnaeus, 1758).....	2
1.1.1. Osnovne značajke vrste	2
1.1.2. Povijest uzgoja i komercijalni značaj lubina u 21. stoljeću	3
1.2. Kvaliteta svježe ribe	4
1.2.1. Postmortalne promjene na mesu ribe	5
1.3. Senzorske i „brze“ instrumentalne metode ocjene svježine ribe mesa.....	8
1.3.1. Senzorska ocjena	8
1.3.2. Instrumentalne metode za određivanje svježine ribe	9
1.3.3. Važnost kontrole kvalitete namirnica.....	11
1.4. Cilj rada	12
2. Materijali i metode	13
2.1. Senzorsko ocjenjivanje	14
2.2. Mjerenje dielektričnih svojstava.....	15
2.3. Mjerenje pH.....	15
2.4. Statistička obrada podataka	16
3. Rezultati	17
3.1. Rezultati senzorske ocjene	17
3.2. Rezultati torimetarskih mjerenja	18
3.3. Rezultati mjerenja pH vrijednosti mesa i sadržaja crijeva	19
4. Rasprava	24
5. Zaključak.....	27
6. Literatura	28

Sažetak

Ovim istraživanjem utvrđene su promjene pH, dielektričnih svojstava i senzorskih pokazatelja svježine lubina, *Dicentrarchus labrax*, tijekom skladištenja na različitim temperaturama ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$ i $12\pm 1^{\circ}\text{C}$). Pored toga, uspoređeni su učinkovitost polusatnog tretmana ribe kupkom s 0,9% NaCl u odnosu na klasično pakiranje ribe u podloške direktno s leda te učinak dvije najčešće korištene vrste stiropornih podložaka na očuvanje svježine ribe. Uzorci tretirani polusatnom kupkom 0,9%-tne otopine NaCl te potom upakirani u standardne stiroporne podloške s upijačima i skladišteni na $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ najduže su očuvali svježinu. Uzorci skladišteni na $12\pm 1^{\circ}\text{C}$ imali su najkraći rok upotrebe.

Ključne riječi: kvaliteta ribe, konzerviranje hlađenjem, rok trajanja, svježina ribe, *Dicentrarchus labrax*

Abstract

This research has determined the changes of pH, dielectric and sensory freshness parameters in Mediterranean sea bass, *Dicentrarchus labrax*, during cold storage at different temperatures ($4\pm 1^\circ\text{C}$ and $12\pm 1^\circ\text{C}$). In addition, this study also investigated the influence of two different treatments applied before packaging: half-hour bath treatment in 0.9% NaCl solution and conventional packaging of fish directly from ice. The effects of the two most commonly used types of styrofoam pads had on fish freshness were also compared. The best effect on fish freshness was achieved in samples treated with a half-hour bath treatment in 0.9% NaCl solution, packed in standard styrofoam pads with adsorbers and stored at $4 \pm 1^\circ\text{C}$. The shortest shelf life was in samples stored at $12 \pm 1^\circ\text{C}$.

Keywords: fish quality, cold preservation, shelf life, fish freshness, *Dicentrarchus labrax*

1. Uvod

Morska hrana se smatra visoko proteinskom, nemasnom i hranom s malim udjelom zasićenih masti ukoliko je uspoređujemo s ostalim proteinsko bogatim životinjskim namirnicama. Riblje ulje je najkvalitetniji izvor omega-3 masnih kiselina, posebno EPA (eikozapentanoična) i DHA (dokozaheksanska) kiselina. Zbog mnogih znanstvenih dokaza konzumiranje omega-3 masnih kiselina od esencijalne je važnosti za normalan rast i razvoj tijekom životnog ciklusa. Inhibitor su za nastanak ateroskleroznih pojava te sprječavaju aritmiju i autoimune bolesti, karcinome i drugih bolesti (Kinsella, 1986; Connor, 2000; Schmidt i sur., 2005), te se preporučuje konzumacija ribe i ribljih proizvoda dva do tri puta tjedno. Zbog navedenog vrlo je bitno rukovanje kako ne bi došlo do oksidacije omega-3 masnih kiselina (Nollet i Toldrá, 2009).

Jedno od najznačajnijih obilježja kvalitete ohlađene ribe na tržištu je svakako njezina svježina (Huss, 1995). Kemijski sastav, rastresita struktura mesa, povećana količina vode u mišićnom tkivu i povoljni pH ribljeg mesa, karakteristike su koje pogoduje razvitku proteolitičkih bakterija te samim tim i brzom kvarenju mesa ribe (Rodríguez-Jérez i sur., 2000). Na brzinu kvarenja, odnosno rok upotrebe, utječu brojni čimbenici: vrsta ribe, fiziološko stanje, postupak usmrćivanja, postupci rukovanja i uvjeti skladištenja nakon smrti. S obzirom da trend potrošnje ohlađene ribe svakodnevno raste, metode za procjenu svježine ove lako pokvarljive namirnice dobivaju sve veći značaj (Majolini i sur., 2009).

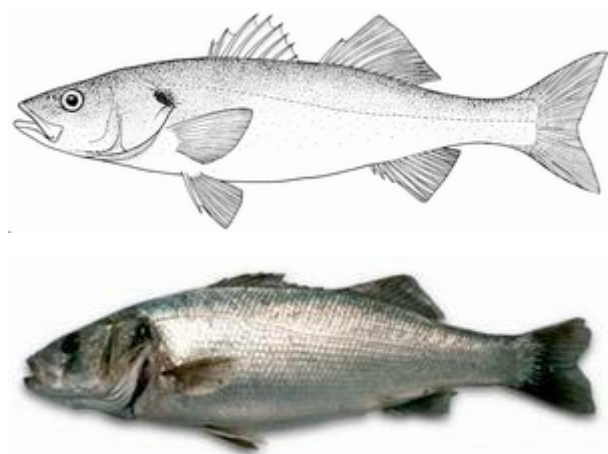
Postmortalne promjene na mesu ribe su brojne te mogu biti mjerene, pored ocjene senzorskih svojstava, objektivnijim instrumentalnim metodama koje se dijele na: fizikalne, kemijske i mikrobiološke. Pored senzorskih svojstava, čija promjena dovodi do neispravnosti ribe za tržište, u varijable koje je moguće vrlo brzo izmjeriti te na taj način utvrditi trajnost svježih ribe, odnosno njezin stupanj kvarenja, spadaju mjerenje pH i dielektričnih svojstava (Huss, 1995).

Svaka vrsta pri kvarenju pokazuje određene specifičnosti za navedene parametre. Kako je lubin, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758), jedna od najzastupljenijih vrsta u akvakulturi na području Mediterana, utvrđivanje promjena parametara svježine pri različitim uvjetima skladištenja i pakiranja značajno je sa stajališta sigurnosti i kvalitete (Trocino i sur., 2012; EUMOFA, 2019; Huss, 1995).

1.1. Lubin, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758)

1.1.1. Osnovne značajke vrste

Lubin, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) je riba izduženog tijela koje je prekriveno sitnim ljuskama (Slika 1.). Srebrnkasto-sive do plavkaste je boje na dorzalnoj strani, srebrne na lateralnim stranama te bijele do žućkaste na ventralnoj strani. Kod juvenilnih primjeraka se mogu vidjeti i tamne mrlje na gornjem dijelu tijela, dok kod odraslih primjeraka nema tamnih mrlja. Glava mu je srednje veličine, s nerazmjerno velikim ustima s blago isturenom donjom usnom. Na škržnom poklopcu nalaze se dvije plosnate bodlje. Na dorzalnom dijelu tijela su dvije odvojene leđne peraje, prva s 8-10 tvrdih šipčica, dok druga ima jednu tvrdu i 12-13 mekih šipčica (D1 VIII-IX (X); D2 I + 12-13; A III + 10-12). Repna peraja je homocerkalna (Bagni, 2005).



Slika 1. Lubin, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) (www.fao.org)

Lubin je euritermna i eurihalina vrsta koja živi na temperaturama od 5 do 28°C i salinitetu od 3 do 35‰. Rasprostranjen je u obalnim vodama, estuarijima i bočatim lagunama. Ponekad ih se može naći i u slatkoj vodi. S obzirom da nisu osjetljivi na niske temperature, neke jedinke mogu prezimiti u obalnim lagunama, umjesto da migriraju u otvoreno more. Lubin je predator i hrani se malim ribama, kozicama, rakovima i sipom (Bagni, 2005).

Kao i kod svake druge vrste ribe, na tržišnu kvalitetu, odnosno nutritivnu vrijednost, utječe i stadij spolnog ciklusa koji dovodi do sezonskih oscilacija u kvaliteti mesa (Huss, 1995). Lubin se mrijesti sezonski, tj. jednom godišnje u zimskom periodu od prosinca do ožujka u mediteranskoj populaciji, te od prosinca do lipnja u atlantskoj populaciji. Otpušta mala pelagična jaja promjera od 1,02 do 1,39 mm u područjima gdje je salinitet niži od 35‰, u

blizini ušća rijeka i estuarija ili u litoralnim područjima gdje je salinitet viši ili jednak 30‰ (Bagni, 2005).

1.1.2. Povijest uzgoja i komercijalni značaj lubina u 21. stoljeću

Prije masovne proizvodnje koja je započela 1960-ih, lubin se ekstenzivno uzgajao u lagunama i u područjima plime i oseke. Uzgoj ove vrste se u početku povezivao s proizvodnjom soli jer bi se tijekom sezone jakih isparavanja u ljeto i jesen brala sol, dok bi se riba lovila zimi i u proljeće (Bagni, 2005).

Kasnih 60-ih, Francuska i Italija su razvili tehnologiju za masovnu proizvodnju mlađi čime su ostvareni preduvjeti za intenzivnu proizvodnju. Već kasnih 70-ih je tehnologija bila dovoljno razvijena u većini mediteranskih zemalja, te su izgrađena mrjestilišta u kojima se proizvodila dovoljna količina mlađi za daljnji uzgoj. Ovo je bila prva nesalmonidna morska vrsta komercijalno proizvedena u Europi, te je i danas najvažnija komercijalno uzgojena riba na Mediteranu (Bagni, 2005; Trocino i sur., 2012).

Proizvodnja lubina početkom ovog stoljeća naglo raste te je u razdoblju od 2007. do 2016. porasla za više od 83%. Najveći proizvođači su Grčka, Turska, Italija, Španjolska, Hrvatska i Egipat (Bagni, 2005; EUMOFA, 2019). Proizvodnja ove vrste u svijetu 2016. godine iznosi više od 191 000 tona, od čega na proizvodnju u EU otpada 43% s preko 81 000 tona. Turska s proizvodnjom preko 80 000 t i Egipat sa više od 24 000 t čine glavninu ostatka svjetske proizvodnje u 2016. (EUMOFA, 2019). Proizvodnja u Hrvatskoj u 2016. iznosi 5310 t, a u 2018. godini 6220 t. (<https://ribarstvo.mps.hr/default.aspx?id=42>).

S porastom proizvodnje sve se više govori osim nužne svježine i o drugim aspektima kvalitete. Tako pažnju pobuđuje ekološka proizvodnja, a nekoliko studija (Alasalvar i sur., 2002; Fasolato i sur., 2010; Fuentes i sur., 2010) uspoređuju lubine iz prirodnog ekosustava i onog uzgajanog. Ovi autori zaključuju kako različiti načini uzgoja i hranidba mogu utjecati na kvalitetu lubina, pogotovo kada govorimo o udjelu masti (Xiccato i sur., 2004) i masnih kiselina u ribi (Grigorakis, 2007; Poli i sur., 2001; Roncarati i sur., 2010).

Trocino i sur. (2012) nisu dobili rezultate koji upućuju na to da uzgojni sustavi utječu na biometrijske osobine, kao ni na teksturu mjerenu kod neoštećenih riba. U drugim studijama je zaključeno da se visceralni i hepatosomatski indeksi razlikuju kod lubina uzgajanih u kavezima na otvorenom moru, onih u kavezima u priobalnom dijelu mora i kod onih uzgajanih u ekstenzivnim sustavima gdje je ribama ograničeno plivanje, te kod lubina uzgajanih u tankovima (Roncarati i sur., 2010; Tulli i sur., 2009). Razlike u obliku tijela kod

lubina iz prirodnog staništa i uzgajanog nije bilo u istraživanju Fuentes i sur. (2010) iako su Fasolato i sur. (2010) zabilježili slabiji faktor kondicije kod lubina iz prirodnih staništa.

Fuentes i sur. (2010) su dobili rezultate da je mišić kod uzgajanog lubina svjetlije boje i nižeg pH nego kod onog iz prirodnog staništa. Također su zaključili da na obojenje ribe mogu utjecati okoliš u kojem se kultura uzgaja, mogućnosti plivanja i hranidba, no Trocino i sur. (2012) su zaključili da na obojenje lubina utječe isključivo hranidba. Prema Huss (1995) te Majolini i sur. (2009) na prethodno navedene pokazatelje kvalitete, bez obzira da li su iz divlje populacije ili uzgoja, utječu brojni čimbenici kao što su: fiziološko stanje, postupak usmrćivanja, hranidba, gladovanje, kvaliteta okolnog mora, postupci rukovanja i uvjeti skladištenja nakon smrti.

1.2. Kvaliteta svježe ribe

Kvaliteta ribe može značiti više stvari ovisno o potrebama i percepciji korisnika. Najčešće se mogu izdvojiti određene karakteristike koje su generalno smatrane kao pokazatelji kvalitete. Kvaliteta se u većini slučajeva za ribu i riblje meso odnosi na karakteristike poput estetskog dojma i svježine, odnosno stupanj procesa kvarenja kroz koji prolazi svaka izlovljena riba. Još jedan aspekt kvalitete ribe, ne manje bitan, je sigurnost hrane, poput sigurnosti od opasnih bakterija, kemikalija i parazita. Ako se gleda sa stajališta osoba pojedinaca, najvjerojatnije je da bi se većina složila da je riba najkvalitetnija unutar prvih nekoliko sati od ulova. U tom vremenskom rasponu, vrlo je vjerojatno da je tkivo ribe u stadiju *rigor mortis* – posmrtno ukočenosti, a riba u tom stadiju posmrtnih promjena ne bih odgovarala za preradu poput filetiranja ili dimljenja. Za prerađivača ribe kvalitetnija je nešto starija riba, nakon opuštanja mišića, odnosno nakon završetka posmrtno ukočenosti (Huss, 1995).

Svježina ribe je jedan od osnovnih čimbenika koji utječe na kvalitetu ribe namijenjenu ljudskoj konzumaciji te predstavlja svojstvo važno za procjenu kvalitete brojnih proizvoda od ribe (Rodríguez-Jérez i sur., 2000). Sukladno zakonskim propisima, ukoliko hrana izaziva gađenje kod potrošača, ista se smatra zdravstveno neispravnom za konzumaciju. Stoga je za ribarski sektor i institucije zadužene za nadzor ribarskog sektora svježina ribe i ribljih proizvoda čimbenik kojem se pridaje velika važnost (Martinsdottir, 2002).

Posmrtno promjene odvijaju se u četiri faze nakon izlova ribe, pri čemu se riba u četvrtoj fazi smatra pokvarenom. S obzir na način na koji se ove promjene očituju bez obzira na fazu kvarenja, dijele se na: senzorske (organoleptičke), autolitičke, bakteriološke, oksidacijske te fizičke (Huss, 1988). One su činitelji procesa kvarenja ribljeg mesa, a Huis in't Velt (1996)

opisuje proces kvarenja hrane kao bilo koju promjenu koja za ishod ima hranu koja nije prikladna za ljudsku konzumaciju.

1.2.1. Postmortalne promjene na mesu ribe

1.2.1.1. Senzorske promjene

Senzorske promjene su one promjene koje se mogu percipirati kroz osjetila, izgled, miris, okus ili tekstura (Huss, 1995). Prve senzorske promjene koje se mogu zamijetiti tijekom perioda skladištenja ribe su promjene u teksturi i izgledu. Očita promjena je posmrtna ukočenost i može nastupiti prije ili kasnije te blaže ili jače ovisno o nekoliko čimbenika: temperaturi ribljeg mesa kao i temperaturi okoline prethodno izlovu, načinu i trajanju rukovanja do nastupa smrti, izboru načina izlova, veličini ribe i njene fizičke kondicije. Nastupa nakon što se poremete biokemijske i fizikalne regulatorne aktivnosti zbog nastupa smrti, pa se između ostalog energetske rezerve u potpunosti potroše te se aktin i miozin u mišićnom tkivu neraskidivo vežu u čvrstu strukturu pri čemu riblje meso postaje kruto. Svježe riblje meso je čvrsto i elastično, a površina je glatka i svjetlacava. Kasnije tijekom skladištenja kad je riba manje svježja, riblje meso postaje sve manje elastično, te mekano i opušteno. Svježja riba miriše na morsku travu i općenito je ugodnog mirisa, a tijekom skladištenja mirisi postaju neutralni, te kasnije kiseli i neugodni. Promjene okusa su još jedna senzorska karakteristika koja se mijenja tijekom skladištenja ribe. Riblji okus se provjerava kuhanjem ribljeg mesa nakon kojeg je svježja riba okarakterizirana slatkim i nježnim okusom po morskoj travi ili može imati lagani okus po metalu (Huss, 1995).

1.2.1.2. Autolitičke promjene

Autoliza znači samo-probava (probaviti sam sebe) i taj proces je kao i kod svih drugih organizama prisutan i kod riba. Nakon smrti, normalna cirkulacija krvi koju pumpa srce, između ostalog i do škrge gdje se obavlja izmjena plinova, prestaje. U tkivu uginule ribe, bez opskrbe kisikom putem disanja, moguća je proizvodnja energije samo putem glikolize. Zbog toga je razina adenzin trifosfata (ATP) u tkivu neodrživa i s vremenom se snižava. Posmrtna glikoliza utječe na smanjivanje razine pH zbog akumulacije mliječne kiseline. Koliko će se pH sniziti, odnosno koliko će se mliječne kiseline proizvesti ovisi o razini glikogena u tkivu. To je direktno povezano sa načinom i trajanjem ugibanja ribe. Što je vrijeme ugibanja i stres pri ugibanju duži, time se više akumulira glikogena u tkivu. Zbog toga će procesom glikolize razina pH pasti niže nego kada je vrijeme ugibanja kraće. Općenito dobro nahranjene ribe imaju veće razine glikogena u tkivu, pa je to jedan od razloga zašto se ribe u akvakulturi ne hrane 24 do 48 sati prije izlova. Sniženi pH denaturira proteine u mišićnom tkivu, te smanjuje

sposobnost zadržavanja vode (Huss, 1995). pH ribe je neposredno nakon izlova okarakteriziran padom vrijednosti zbog akumulacije mliječne kiseline, dok kasnije nakon razlaganja ostalih tkivnih komponenti raste što pogoduje naseljavanju mikroorganizama koji uzrokuju kvarenje ribe (Kyrana i Lougovois, 2002).

Završetak posmrtno ukočenosti je popraćen sa opuštanjem mišića i sa autolitičkim promjenama (dio procesa kvarenja), od kojih je među prvima primijećena degradacija ATP-a u reducirane oblike. Degradacija ATP katabolita je manje-više predvidljiva, te se odvija istim redoslijedom. Adenozin trifosfat (ATP) se degradira u adenozin difosfat (ADP), potom u adenozin monofosfat (AMP), inozin monofosfat (IMP), Inozin (Ino), te u hipoksantin (Hx). Važno je napomenuti da se autolitičkim procesima ATP prevodi do IMP, dok se IMP prenosi u Ino i Hx uz bakterijsku aktivnost (Huss, 1995).

K vrijednost ili „indeks svježine“ predstavlja postotnu promjenu uzrokovanu autolitičkim procesima tijekom skladištenja, te njegova niska vrijednost označava svježiju ribu. Rezultat od 20% se računa kao granica svježine, a 60 % kao granica odbijanja (Huss, 1995).

$$K\% = \frac{[Ino] + [Hx]}{[ATP] + [ADP] + [AMP] + [IMP] + [Ino] + [Hx]} \times 100$$

[ATP], [ADP], [AMP], [IMP], [Ino] i [Hx] predstavljaju relativne koncentracije tih supstanci u mišićnom tkivu mjerene više puta tokom skladištenja na hladnom.

Huss (1995) ističe i ulogu proteolitičkih enzima, kao što su katepsini i kalpaini te kolagenaze iz same ribe koji se oslobađaju grubim rukovanjem s ribom ili gnječenjem zbog prenatrpanog načina skladištenja. Enzimi djeluju na svoje supstrate ako su im isti dostupni i nakon uginuća ribe i tijekom skladištenja na hladnom. Svojim djelovanjem stvaraju povoljniji supstrat za brži razvoj bakterija nakon odmrzavanja ribe ili uklanjanja iz hladnog skladišta.

1.2.1.3. Bakteriološke (mikrobiološke) promjene

Mikroorganizmi su prisutni na svim vanjskim površinama tijela ribe uključujući škrge i kožu te u crijevima živih i netom uhvaćenih riba. Bakterijska flora na ribi najviše ovisi o samom okolišu gdje je riba ulovljena, a ne ovisi o vrsti ribe, dok je veći broj bakterija prisutan na ribi iz tople, naspram riba iz hladne vodene okoline (Shewan, 1977). Živi organizmi nemaju bakterija u tkivu (osim u slučaju infekcija ili povreda), te im je tkivo uglavnom sterilno. Njihov imunski sustav štiti tkivo od bakterija dok je riba živa, te sa uginućem i prestankom

normalnog funkcioniranja organizma, prestaje i rad imunskog sustava, te bakterije prodiru i u tkivo. Bakterije ulaze u eksponencijalnu fazu rasta gotovo odmah neposredno iza uginuća ribe, te je ribu nužno što prije ohladiti kako bi rast bakterija usporio. Dok je vrijeme generiranja bakterija na višim temperaturama vrlo kratko (npr. kod nekih vrsta bakterija i 20-tak minuta na temperaturama iznad 25 °C), kod ribe koja je stavljena na led vrijeme udvostručavanja broja bakterija oko 24 sata. Tijekom skladištenja u aerobnim uvjetima na hladnome, nakon dva tjedna izrazito dominiraju bakterije *Pseudomonas spp.*, i *Shewanella putrefaciens* zbog njihova kratkog vremena između dijeljenja pri niskim temperaturama (Morita, 1975; Huss, 1995).

Bakterijska aktivnost je odgovorna i za nastanak biogenih amina ili spojeva koji nastaju dekarboksilacijom aminokiselina poput histidina, lizina, tirozina, orinitna i dr., te su još jedan od niza spojeva koji mogu služiti kao indikator kvarenja ribe (Huss, 1995).

Shewan (1962) navodi da su uglavnom bakterije odgovorne za nastanak hlapljivih spojeva karakterističnih za pokvarenu ribu, poput tri-metil-amina (TMA), hlapljivi sumporni spojevi, aldehidi, ketoni, esteri, hipoksantin i ostali spojevi niske molekularne mase. TMA je spoj koji nastaje bakterijskom redukcijom TMAO (tri-metil-amin-oksida). Bakterije koje su odgovorne za to, iz rodova koji su tipični za morski okoliš, su *Alteromonas*, *Photobacterium*, *Vibrio* i *S. putrefaciens*, te rod *Aeromonas* koji je tipičan za slatkovodni okoliš i porodica bakterija *Enterobacteriaceae* koje su sastavni dio crijevne mikroflore.

1.2.1.4. Oksidacija i hidroliza masti

Oksidacija i hidroliza su dva osnovna procesa u ribljim mastima koji utječu na gubljenje kvalitete te osim toga proizvode i cijeli niz nepoželjnih supstanci od kojih neke uzrokuju nepoželjan miris i okus po užglosti, dok se neke druge kovalentno vežu na proteine i uzrokuju promjenu teksture tkiva. Reakcije mogu biti enzimске, a enzimi mogu biti mikrobn, unutarstanični ili enzimi iz probavnog sustava same ribe. Međutim, svi ovi procesi i ne moraju nužno biti enzimski potaknute reakcije. Riba s visokim udjelom masti je posebno osjetljiva na ove procese, a najveći utjecaj na odvijanje ovih procesa ima: vrsta ribe, kemijski sastav mesa ukoliko sezonski oscilira (npr. veći postotak masti), način pakiranja (izloženost zraku) i temperatura skladištenja. Veliki broj raznih visoko nezasićenih masnih kiselina koji su sastavni dio ribljih masti, čini riblju mast jako podložnu procesu auto-oksidacije. Proces hidrolize je problem koji je više naglašen kod neočišćene ribe (kojoj nije uklonjen sadržaj trbušne šupljine), zbog sudjelovanja probavnih enzima iz ribljeg probavnog sustava. Trigliceride iz masnih rezervi ili fosfolipide cijepaju lipaze iz probavnog sustava ribe i lipaze

od mikroorganizama. Procesom hidrolize nastaju digliceridi ili lizofosfolipidi koji zatim reagiraju sa slobodnim masnim kiselinama, poglavito visoko nezasićenim, pa proces hidrolize vodi k povećanoj oksidaciji (Huss, 1995).

1.3. Senzorske i „brze“ instrumentalne metode ocjene svježine ribe mesa

1.3.1. Senzorska ocjena

Senzorska ocjena se definira kao znanstvena vještina koja se koristi da se pobudi, izmjeri, analizira i protumače reakcije na karakteristike hrane percipirane kroz osjetila vida, njuha, okusa, dodira i sluha (Huss, 1995). Senzorskom analizom se ispituje izgled, miris, okus i tekstura i procjenjuje uz korištenje ljudskih osjetila. Prema Huss (1995) proces se može podijeliti u tri koraka:

- osjetila registriraju stimulans
- procjena i interpretacija mentalnim procesom
- odgovor ispitivača na stimulans.

Varijacije u odgovorima kod ispitivača za istu razinu i vrstu stimulansa mogu rezultirati sa nemogućnosti zaključivanja odgovora na test. Reakcije na određene boje se mogu razlikovati zbog daltonizma nekog od ispitivača, ispitivači mogu imati različitu osjetljivost na kemijske stimulanse, neki ljudi ne mogu okusiti užegli okus, netko drugi ima visoku osjetljivost na okus po hladnom skladištenju, itd. Izbor ispitivača i njihova obuka moraju biti pomni i detaljni, jer je bitno da se određeni osjetilni stimulansi mogu objektivno i precizno raspoznati karakteristike ribe koja se ispituje. Lako je raspoznati ribu u stadiju posmrtno ukočenosti, ali nije lagano prepoznati da li je uzorak svježije ribe već prošao ukočenost ili je tek treba proći (Huss, 1995).

Senzorske metode ispitivanja kvalitete se mogu podijeliti na objektivne i subjektivne. Podjela metoda je prema Huss (1995). Objektivne metode su deskriptivne (opisne) i diskriminativne, a subjektivna metoda je afektivna, poput ispitivanja tržišta te one nisu bitno vezane za temu koja se obrađuje.

Deskriptivne metode su :

- QIM – Quality index method – Metoda indeksa kvalitete
- Strukturno skaliranje
- Profiliranje.

Diskriminativne metode su :

- Triangl ili trokutni test
- Rangiranje.

1.3.2. Instrumentalne metode za određivanje svježine ribe

S obzirom na značaj procjene svježine ribljeg mesa na tržištu, posljednjih godina se intenzivno razvijaju različite instrumentalne metode koje mogu blagovremeno dati podatke o svježini ribe, odnosno njezinom stupnju kvarenja. Tako se vrlo često koristi mjerenje promjena pH mesa ribe, teksture, mirisa, električne vodljivosti i dr. Pored samog mjerenja osnovnih parametara svježine, kada se govori o kvaliteti, nužno je spomenuti i blisku infracrvenu spektroskopiju (NIR). To je jedna od najsuvremenijih metoda za analitička mjerenja, čije su osnovne karakteristike brzina i jednostavnost te se u kratkom vremenu može izmjeriti puno uzoraka. Danas ju je već moguće koristiti i „online“ i „at-line“. Metoda je nedestruktivna, laka za korištenje te je trening za operatere jednostavan (Nilsen i Esaiassen, 2005). Ovom metodom se mjeri udio masti, vode i proteina u ribi (Downey, 1996; Wold i Isaksson, 1997; Nortvedt i sur., 1998; Vogt i sur., 2002; Khodabux i sur., 2007), slobodnih masnih kiselina FFA u ribljem ulju (Zhang i Lee, 1997; Cozzolino i sur. 2005), kapacitet zadržavanja vode kod odmrznute ribe (Bechmann i Jørgensen, 1998).

1.3.2.1. Instrumenti za mjerenje mirisa

Miris, jedan od indikatora svježine ribljeg mesa koji se pretežito još uvijek mjeri senzorskom ocjenom, moguće je mjeriti tzv. električnim nosom koji se zove „FreshSense“. To je uređaj koji statičkim prikupljanjem podataka i uz elektrokemijski plinski senzor nedestruktivno mjeri isparavajuće komponente koje ukazuju na kvarenje. Najbitnije kemikalije uključene u mirise svježe ribe su dugolančani alkoholi i karbonili, bromofenoli i N-ciklične kemijske komponente. Međutim, tijekom skladištenja ribe mikrobiološkom aktivnosti i lipidnom oksidacijom nastaju kratkolančani alkoholi, karbonili, amini, sumporni spojevi i kisele komponente (Olafsdottir i sur., 2000; Alimelli i sur., 2007).

Drugi instrument za mjerenje intenziteta mirisa je japanski „Cosmos“. Može se koristiti na svježoj ribi kao i onoj u hladnjačama. Gelman i sur. (2003) su dokazali snažnu korelaciju između rezultata dobivenih organoleptičkim ispitivanjem i onih dobivenih mjerenjem „Cosmos“ uređajem (Nollet i Toldrá, 2009).

1.3.2.2. Analiza teksture ribljeg mesa

Analiza teksture morske hrane je iznimno bitna u istraživanju, kontroli kvalitete i unaprjeđivanju proizvoda u industriji morske hrane (Coppes i sur., 2002). Riblji mišić može

postati mekan ili gnjecav zbog autolitičke degradacije ili zbog skladištenja u zamrznutom obliku (Huss, 1995). U ribljem mišiću je ugrađena veća količina proteaze koja kida lance proteina odmah nakon izlova, tijekom prerade, neadekvatnim rukovanjem i termičkom obradom (Aksnes, 1989; Toyohara i sur., 1990). Tekstura uključuje karakteristike poput čvrstoće, elastičnosti i lakoće žvakanja. Od navedenih karakteristika, čvrstoća je najbitnija potrošačima i određuje vrijednost mesa na tržištu (Chambers i Bowers, 1993).

Tijekom godina iz potrebe za objektivnim testom kvalitete ribljeg mesa proizašlo je nekoliko testova koji su se fokusirali utvrditi stupanj svježine kroz analizu teksture ribljeg mesa. Bourne (2002.) izdvaja dva općenita načina analize teksture ribljeg mesa: analiza korištenjem instrumenata te senzorska analiza obučanim ispitivačima.

Čvrstoća ili mekoća mesa, elastičnost, otpornost te druga svojstva teksture u raznim metodama koje su se razvile mjere se upotrebom svježeg ili kuhanog ribljeg mesa, kombinacijom smrzavanja ribljeg mesa i formaldehida, instrumenti koji mjere otpor i čvrstoću primjenom mjerljive kompresije mesa te mjerenjem koliko se meso uspije vratiti u originalni oblik nakon kompresije. Određene metode pokazale su rezultate koji su usporedbom odgovaraju rezultatima obučenog tima ocjenjivača teksture (Huss, 1995). Botta (1991) je razvio brzu i nedestruktivnu metodu za mjerenje teksture fileta bakalara *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758). Njegov penetrometar je malen i prijenosan uređaj kojim je moguće izvesti mjerenja čvrstoće i otpornosti ribljeg mesa.

Pored toga mogu se spomenuti i dva testa, „*Texture profile analysis*“ (TPA) i testiranje probijanja „*Puncture testing*“. TPA, test u kojem se komad hrane veličine zalogaja naizmjenično komprimira dva puta pri čemu se oponaša rad čeljusti. Iz testa se izvlači krivulja, koja prikazuje odnos sile i vremena koje je utrošeno, te iz koje se mogu izvući informacije koje se podudaraju sa senzorskim procjenama istih parametara. Iz prve kompresije vršna sila iskorištena definira čvrstoću uzorka. Omjer sila prve i druge kompresije definira kohezivnost uzorka. Visina do koje se oporavi uzorak hrane naspram originalne, a u vremenu između prve i druge kompresije definira elastičnost uzorka (Bourne, 2002). „Test probijanja“ mjeri silu potrebnu za ugurati ili nabiti sondu u uzorak hrane. Obavlja se uz instrument koji mjeri silu. Proboj sonde u hranu izaziva nepovratnu štetu i/ili izlivanje tekućine iz hrane. Dubina proboja je uglavnom održavana jednakom (Bourne, 2002).

1.3.2.3. Mjerenje dielektričnih svojstava ribljeg mesa

Torimetar je uređaj za mjerenje svježine ribe. Za determinaciju svježine se koriste dielektrična svojstva ribe. Dielektrična svojstva riblje kože i mišića se očituju sistematično tijekom kvarenja kako se komponente tkiva degradiraju. Ove promijene vidljive na mikroskopskoj razini su iste kao i promijene koje se mogu vidjeti, namirisati, opipati (promjena teksture) i okusiti tijekom kvarenja, te se koriste kao indikatori kvalitete od prve komercijalne verzije torimetra plasirane na tržište 1970 (Nollet i Toldrá, 2009; Crapo i sur., 1991). Studijama koje su ispitivale rad torimetra su donijele zaključak da su točniji rezultati svježine dobiveni kod riba koje su isprane vodovodnom vodom, nego kod onih ispranih morskom vodom zbog iona koji sprječavaju očitavanja uređaja jer se očitavanja temelje na električnim svojstvima kože (Inácio i sur., 2003).

1.3.2.4. pH ribljeg mesa

Mjerenje pH ribljeg mesa može nam prikazati u kakvom je stanju postmortalnih promjena, odnosno svježine meso ribe. Mjerenje se obavlja pH metrom sa stavljanjem elektroda direktno u meso ribe ili ubadanjem u meso suspendirano u destiliranoj vodi (Huss, 1995).

1.3.3. Važnost kontrole kvalitete namirnica

U prehrambenoj industriji, kontrola i sigurnost kvalitete su od esencijalne važnosti. S obzirom da konzumenti očekuju dobar rok trajanja i visoku sigurnost proizvoda s adekvatnim omjerom cijene i kvalitete, prehrambena industrija progresivno ulaže sve više kapitala u kontrolu kvalitete, istraživanja i unaprjeđenje, kao i u mašineriju za klasifikaciju proizvoda po različitim stupnjevima kvalitete (Nollet i Toldrá, 2009).

Potrošači doživljavaju kvalitetu proizvoda na temelju osjećaja zadovoljstva koje u njima bude senzorička svojstva proizvoda kao što su boja, okus, probavljivost ili aroma i taj doživljaj određuje hoće li proizvod biti pozitivno prihvaćen na tržištu. Razlikuju se fizikalni i kemijski parametri koji se odnose na kvalitetu prehrambenih proizvoda (Moltó, 2000). Stjecanje parametara koji karakteriziraju apstraktni koncept „kvalitete koju percipira potrošač“, dovodi do razvoja potrebne tehnologije za primjenu kod klasifikacije proizvoda (Nollet i Toldrá, 2009).

Kao dodatak potrebama potrošača, inspektori zahtijevaju dobru proizvodnu praksu, sigurnost, označavanje i usklađenost s regulativama. U skladu s dodatnim potrebama, u posljednjem desetljeću su nastali novi sigurnosni koncepti i ključni parametri koji određuju stupanj kvalitete namirnica. Neki od njih su HACCAP (hazard analysis critical control points), TQM

(*total quality management*), ISO 9000 certifikat, izvornost i autentičnost. Svi ovi koncepti zahtijevaju „*online*“ metodu ispitivanja kvalitete radi kontrole, sustava podataka, sustava upozorenja i dosljednosti cijele proizvodnje kako bi se znalo u kojem dijelu proizvodnje je došlo do narušavanja proizvoda (Nollet i Toldrá, 2009; Dalgaard, 2000; Botta, 1995).

1.4.Cilj rada

Ciljevi ovog rada su:

1. Utvrditi promjene fizikalnih parametara svježine konfekcioniranog lubina *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) tijekom dvanaest dana hladnog skladištenja na konstantnoj temperaturi
2. Utvrditi ovisnost promjena fizikalnih parametara svježine o načinu pripreme ribe te o načinu pakiranja, odnosno vrsti ambalaže u koju je riba upakirana

2. Materijali i metode

Uzorci za istraživanje prikupljeni su 5.9.2015., tijekom komercijalnog izlova, na farmi „Riba Mljet“ u Sobri na otoku Mljetu u 12 sati. Riba nije hranjena dva dana prethodno kako bi se minimizirao stres. Potom je riba odmah nakon izlova omamljena hladnim šokom u izlovnim kontejnerima s ledenom vodom (omjer vode i leda: 2:1) temperature $1\pm 1^{\circ}\text{C}$ u trajanju od 10 minuta.

Nakon žurne dopreme u sortirnicu koja je u neposrednoj blizini uzgajališta (13h), riba je sortirana te su odabrani uzorci podjednake veličine (oko 300 g) te raspodijeljena u četiri skupine od po 30 riba. Ribe su do sljedećeg koraka držane na ledu. Svi podlošci su nakon pakiranja ribe omotani prijanjajućom folijom za održavanje svježine te označeni (Slika 2.).

Uzorci su podijeljeni u četiri skupine koje su tretirane i/ili samo upakirane na sljedeći način.

- Tretman 1 (T1): skupina je tretirana polusatnom kupkom 0,9% otopinom NaCl te upakirana u samoupijajuće stiroporne podloške (tip SF 15/45 LPA plavi)
- Tretman 2 (T2): skupina je tretirana polusatnom kupkom 0,9% otopinom NaCl te upakirana u standardne stiroporne podloške (tip 166PS9, bijeli) u koje su postavljeni upijači ECOPAD 8E800 (70x110 mm)
- Tretman 3 (T3): kontrolna skupina upakirana izravno s leda u samoupijajuće stiroporne podloške (tip SF 15/45 LPA plavi)
- Tretman 4 (T4): kontrolna skupina upakirana izravno s leda u samoupijajuće stiroporne podloške (tip SF 15/45 LPA plavi)



Slika 2. Konfekcionirana i označena riba upakirana u dvije vrste podložaka

Svi upakirani uzorci su skladišteni u hladnjači na $+4^{\circ}\text{C}$ do transporta u laboratorij. Transport je obavljen žurno u terenskim hladnjacima pri istoj temperaturi, nakon čega su uzorci iz prva 3 tretmana uskladišteni u hladnjaku pri temperaturi od $4\pm 1^{\circ}\text{C}$. Uzorci četvrtog tretmana su uskladišteni pri temperaturi od $12\pm 1^{\circ}\text{C}$ kako bi se utvrdio učinak, eventualnog nepravilnog temperaturnog režima pri skladištenju, transportu ili na tržištu, na fizikalne pokazatelje svježine ribe.

Tijekom skladištenja za potrebe obavljanja senzorskih ocjena te analize pH i dielektričnih svojstava uzete su po dvije ribe iz svake skupine. Prvo uzorkovanje istraživanih svojstava uzeto je na dan izlova, a tijekom perioda skladištenja uzorkovano je još 5 puta (nakon dva, četiri, šest, devet i dvanaest dana skladištenja).

2.1. Senzorsko ocjenjivanje

Senzorsko ocjenjivanje svježine rađeno je prema metodi opisanoj u Parlapani i sur. (2015). Šest obučenih članova tima ocjenjivalo je vanjski izgled, kožu, sluz, oči i miris ribe. Ocjenjivanje se radilo na deskriptivnoj skali od 1 do 5 za sva senzorska svojstva. Ocjena 5 je bila za najsvježiju ribu, dok su niže vrijednosti označavale manje svježu ribu, odnosno ribu

lošijih senzorskih karakteristika kvalitete. Riba sa prosječnom ocjenom 3 smatrana je minimalno prihvatljivom za tržište, odnosno ribom čiji je rok upotrebe na granici prihvatljivosti. Ocjene su dodjeljivane prema svojstvima kvalitete koja odgovaraju vizualnom i olfaktornom doživljaju ispitivača kao što je opisano u Tablici 1. Senzorsko ocjenjivanje obavljeno je na dan izlova te 5 puta tijekom perioda skladištenja, odnosno nakon dva, četiri, šest, devet i dvanaest dana skladištenja.

Tablica 1. Senzorska svojstva ribe pri QIM ocjenjivanju - minimum i maksimum (Izvor: Parlapani i sur., 2015)

Ocjena	Opis svojstava kvalitete			
	Koža	Oči	Sluz	Miris
5 (max)	svijetla, sjajna,	konveksne, crna zjenica,	prozirna, vodenasta	svjež, po morskoj travi,
	presijavajuće boje	prozirna rožnica		po školjkašima
1 (min)	blijeda, bezbojna,	konkavne -utonule, siva	smeđa, gusta i	gnjio, kisel, po aminima,
	smežurana,	zjenica, mutna i/ili crvena	viskozna	sulfidima, fekalijama
	nema sjaj	rožnica		

2.2. Mjerenje dielektričnih svojstava

Dielektrična svojstva mjerena su torimetrom (Fish freshness meter, Model Torrymeter; Distell;Škotska) u skladu s uputama proizvođača – postavljanjem senzora neposredno iza kaudalnog završetka operkuluma, iznad bočne pruge, u položaju koji je usporedan sa njom. Torimetarska očitavanja uzoraka obavljena su na dan izlova (nakon dopreme u laboratorij) te 5 puta tijekom perioda skladištenja (nakon dva, četiri, šest, devet i dvanaest dana skladištenja). Nakon svakog mjerenja senzor je očišćen od eventualnih ostataka sluzi i ljuski kako bi se osigurao neometan rad senzora. Očitavanja su obavljena sa digitalnog ekrana instrumenta koji prikazuje vrijednosti od 0 do 17.

2.3. Mjerenje pH

Mjerenja pH muskulature i sadržaja crijeva obavljeno prijenosnim pH metrom (HACH LANGE H160P) sa čeličnom ubodnom sondom (PH57-SS). Mjerenje je prikazano na Slikama 3 i 4.

Uzorcima je najprije mjereno pH muskulature na tri različita mjesta, nakon čega su ribe otvorene za mjerenje pH sadržaja crijeva. Mjerenja pH sadržaja crijeva (pH 4) obavljano je na prvom zavoju nakon završetka želuca (pilorusa). Mjerenje pH muskulature je obavljano na sljedeća 3 mjesta :

1. Kranijalnom kraju dorzalnog velikog postranog mišića – epaksijalni mišić (*m. lateralis magnus*) (pH 1)

2. Kaudalnom kraju dorzalnog velikog postranog mišića - epaksijalni mišić (*m. lateralis magnus*) (pH 2)
3. Ventralni (abdominalni) dio između trbušne i podrepne peraje – hipaksijalni mišić (pH 3)



Slika 3. Mjerenje pH kranijalnog kraja dorzalnog velikog postranog mišića



Slika 4. Mjerenje pH crijeva na prvom zavoju od završetka želuca (pilorusa)

2.4. Statistička obrada podataka

Svi podaci su uvršteni u tablice u programu Microsoft Excel 2016. Ovaj program je korišten i za izračunavanje srednjih vrijednosti mjerenja te za izradu grafikona. Za usporedbu rezultata između četiri ispitivana tretmana korišten je *t*-test, program Prism. (<https://www.graphpad.com/quickcalcs/ttest1/?Format=C>).

3. Rezultati

3.1. Rezultati senzorske ocjene

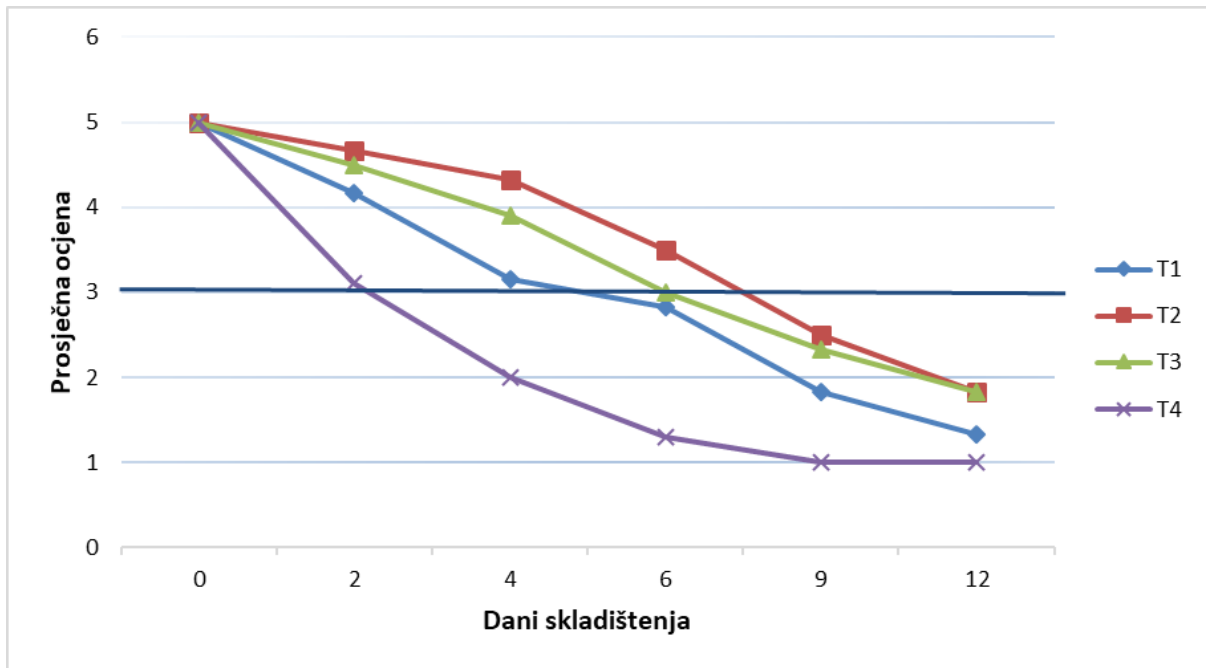
Na Slici 5 usporedno su prikazani rezultati i tijek promjena senzorskih svojstava za četiri istraživana tretmana riba tijekom 12 dana skladištenja. Uzorci iz svih tretmana prilikom prvog ocjenjivanja na dan izlova (dan nula) ocjenjeni su sa maksimalnom ocjenom 5.

Uzorci iz tretmana 1, tretirani polusatnom kupkom 0,9% otopine NaCl-a i upakirani na samoupijajuće stiroporne podloške (tip SF 15/45 LPA plavi), su pri sljedećem ocjenjivanju nakon 2 dana skladištenja na temperaturi $4^{\circ}\text{C}\pm 1$ ocjenjeni sa prosječnom ocjenom 4,16. Nakon 4 dana skladištenja uzorci su ocjenjeni s ocjenom 3,16, nakon 6 dana skladištenja s ocjenom 2,83, nakon 9 dana skladištenja s ocjenom 1,83 te pri posljednjem mjerenju nakon 12 dana skladištenja s ocjenom 1,33.

Uzorci iz tretmana 2, tretirani polusatnom kupkom 0,9% otopine NaCl-a i upakirani na standardne stiroporne podloške (tip 166PS9, bijeli) s upijačima ECOPAD 8E800, su nakon 2 dana skladištenja na temperaturi $4^{\circ}\text{C}\pm 1$ ocjenjeni sa prosječnom ocjenom 4,66, nakon 4 dana skladištenja s ocjenom 4,33, nakon 6 dana skladištenja s ocjenom 3,5, nakon 9 dana skladištenja s ocjenom 2,5, te pri posljednjem mjerenju nakon 12 dana skladištenja s ocjenom 1,83.

Uzorci iz tretmana 3, upakirani direktno s leda na samoupijajuće stiroporne podloške (tip SF 15/45 LPA plavi), su nakon 2 dana skladištenja na temperaturi $4^{\circ}\text{C}\pm 1$ ocjenjeni sa prosječnom ocjenom 4,5, nakon 4 dana skladištenja sa ocjenom 3,9, nakon 6 dana skladištenja s ocjenom 3,0, nakon 9 dana skladištenja s ocjenom 2,33 te pri posljednjem mjerenju nakon 12 dana skladištenja s ocjenom 1,83.

Uzorci iz tretmana 4, upakirani direktno s leda na samoupijajuće stiroporne podloške (tip SF 15/45 LPA plavi) su nakon 2 dana skladištenja na temperaturi $12^{\circ}\text{C}\pm 1$ ocjenjeni sa prosječnom ocjenom 3,1, nakon 4 dana skladištenja s ocjenom 2,0, nakon 6 dana skladištenja s ocjenom 1,3 te s ocjenom 1 za posljednja dva ocjenjivanja nakon 9 i 12 dana skladištenja.



Slika 5. Promjena senzorskih svojstava tijekom skladištenja kod četiri istraživana tretmana (ocjena 3 – granica prihvatljivosti prikazana debljom crtom)

Iako *t*-testom s intervalom povjerenja 95% nisu utvrđene statistički značajne razlike između tretmana T1 i T2 te T3, najbolji rezultat, odnosno najduži rok trajanja utvrđen je za skupinu T2 (0,9% NaCl standardni podlošci s upijačima). Usporedbom rezultata senzorskog ocjenjivanja *t*-testom između skupina T1 i T4 pri intervalu povjerenja 90% utvrđena je blaga statistička razlika ($p < 0.1$). Uzorci iz skupina T1 (0,9% NaCl samoupijajući podlošci) i T3 (kontrola upakirana direktno s leda) istog dana dosegli su granicu upotrebljivosti (ocjena 3). Najkraći rok trajanja imali su uzorci iz skupine T4 (kontrola upakirana direktno s leda skladištena na 12°C) kod koje je utvrđena granična vrijednost nakon dva dana skladištenja.

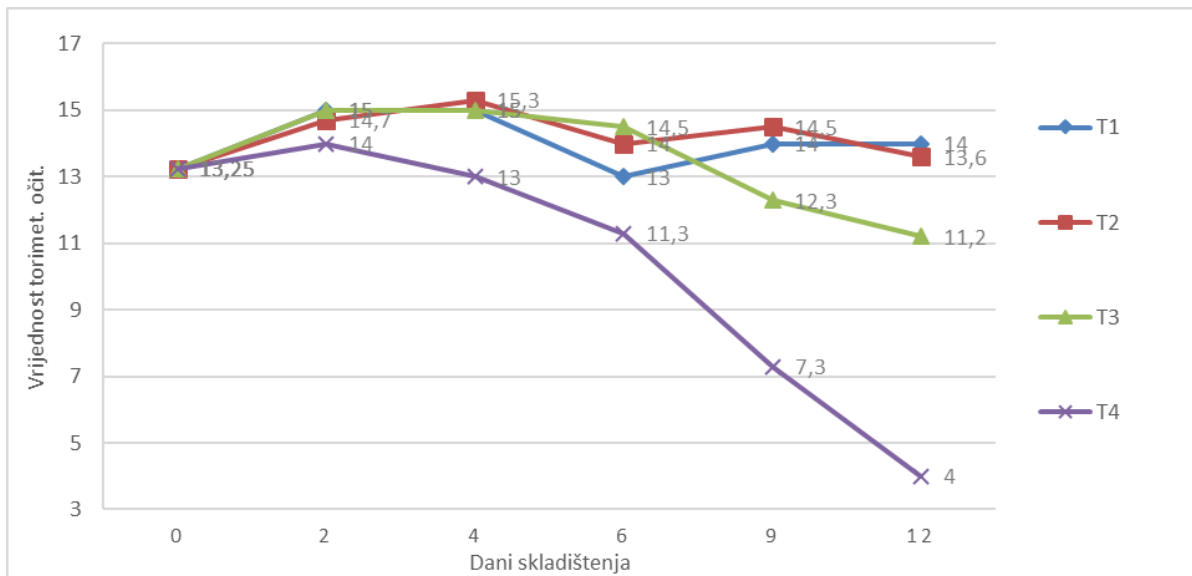
3.2. Rezultati torimetarskih mjerenja

Torimetarske vrijednosti na dan izlova iznose 13,25 za sve skupine istraživanja (Slika 6.). Svi tretmani su pri prvom mjerenju tijekom perioda skladištenja (dva dana skladištenja) imali višu vrijednost od prve izmjerene neposredno nakon izlova.

Najbrži pad torimetarskih vrijednosti utvrđen je kod skupine T4 – kontrolna skupina. Vrijednosti očitavanja ove skupine su znatno odstupale od ostale tri skupine. Najbolji rezultat, odnosno najduži rok trajanja utvrđen je za skupinu T2. Skupine T1, T2 i T3 su prvih šest dana imale slične vrijednosti. Nakon šestog dana dielektrična svojstva u skupini T3 su počela opadati znatno brže od skupina T1 i T2. Skupine T1 i T2 su do kraja mjerenog razdoblja imale slične vrijednosti.

Za T1 skupinu je tijekom prva dva mjerenja očitana prosječna vrijednost od 15, pri trećem 13 te za posljednja dva 14. Očitane torimetarske vrijednosti za T2 skupinu prvog i drugog mjerenja tijekom perioda skladištenja su 14,7 i 15,3. Za trećeg mjerenja očitana vrijednost pada na 14, dok kod četvrtog vrijednost iznosi 14,5. Posljednje mjerenje se očitana vrijednost spušta na 13,6.

Za T3 skupinu vrijednosti su bile 15 prva dana mjerenja, treće mjerenje 14,5, dok posljednja dva dana vrijednosti padaju nešto niže nego kod prve dvije skupine, 12,3 i 11,2. T4 skupina je dva dana nakon izlova imala vrijednost 14, četvrti dan nakon izlova 13.



Slika 6. Promjena dielektričnih svojstava tijekom skladištenja kod četiri istraživane skupine uzoraka

Usporedbom torimetarskih rezultata tretmana T1 i T2 te T1 i T3 *t*-testom utvrđene su statistički blage razlike ($p < 0.1$). Statistički značajna razlika utvrđena je usporedbom torimetarskih rezultata skupina T1 i T4 ($p < 0.05$).

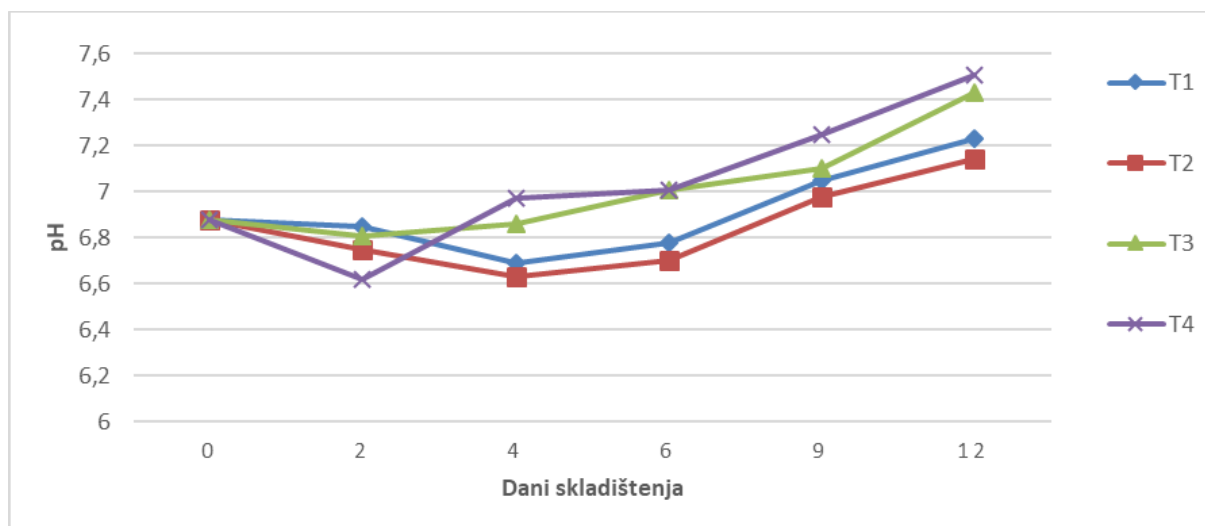
3.3. Rezultati mjerenja pH vrijednosti mesa i sadržaja crijeva

Na Slici 7 prikazani su rezultati mjerenja pH za pH 1 mjesto mjerenja. Prosječni rezultat analize vrijednosti pH sa pH 1 mjesta mjerenja nakon izlova iznosio je 6,88. Kod T1 (polusatna kupka 0,9% NaCl) prosječna vrijednost pH od 6,85 izmjerena je pri prvom mjerenju tijekom perioda skladištenja dok je kod posljednjeg mjerenja iznosila 7,23.

Uzroci riba koje su tretirane polusatnom kupkom 0,9% NaCl i skladišteni sa bijelim samoupijajućim podlošcima (T2) tijekom prvog uzorkovanja za vrijeme skladištenja su imali prosječnu vrijednost pH od 6,75. Vrijednost za istu skupinu je iznosila 7,14 posljednjeg dana testiranja.

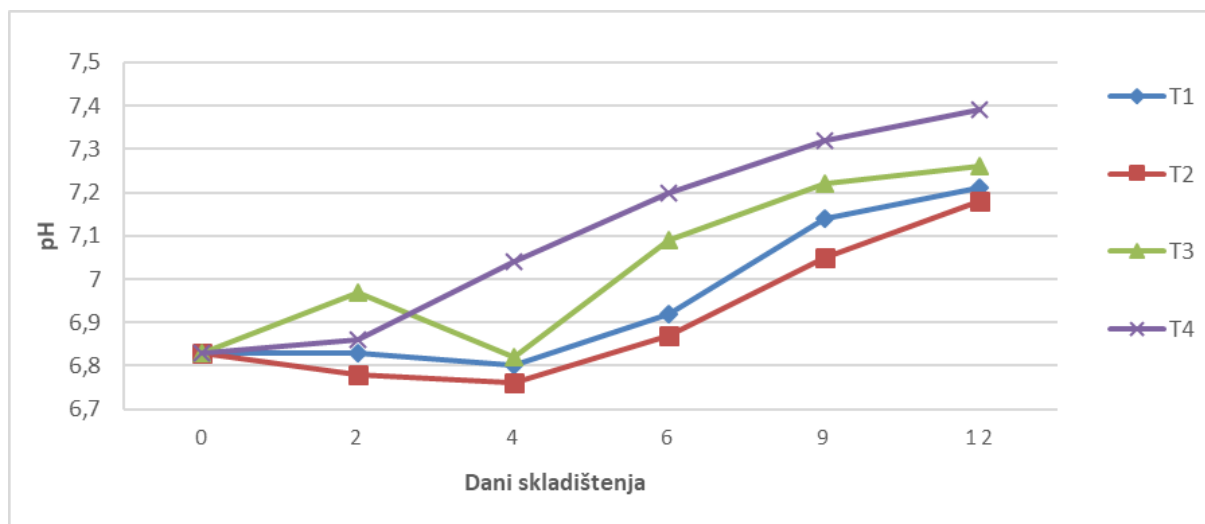
Kontrolna skupina riba koja je upakirana direktno sa leda (T3) je kod prvog mjerenja za vrijeme skladištenja imala prosječnu vrijednost pH od 6,81 te kod posljednjeg mjerenja 7,43.

Ribe iz kontrole skupine skladištene na 12°C (T4) su pri prvom mjerenju imale prosječnu vrijednost pH od 6,62 što je i najniža vrijednost izmjerena sa pH 1 mjesta. Tijekom posljednjeg mjerenja kod riba iz ovog tretmana je izmjerena i najviša prosječna vrijednost od 7,51.



Slika 7. Prosječne vrijednosti pH po tretmanima tijekom skladištenja za pH 1 mjesto mjerenja. Na Slici 8 prikazani su rezultati mjerenja za pH 2 mjesto mjerenja. pH 2 mjesto mjerenja je imalo prosječnu vrijednost 6,83 nakon izlova. Vrijednost pH je nakon petog mjerenja tijekom skladištenja iznosila 7,21 za uzorke riba iz tretmana 1. Za T2 prosječna izmjerena vrijednost pH se kretala od 6,78 pri prvom mjerenju za vrijeme skladištenja do 7,18 pri posljednjem mjerenju za vrijeme skladištenja.

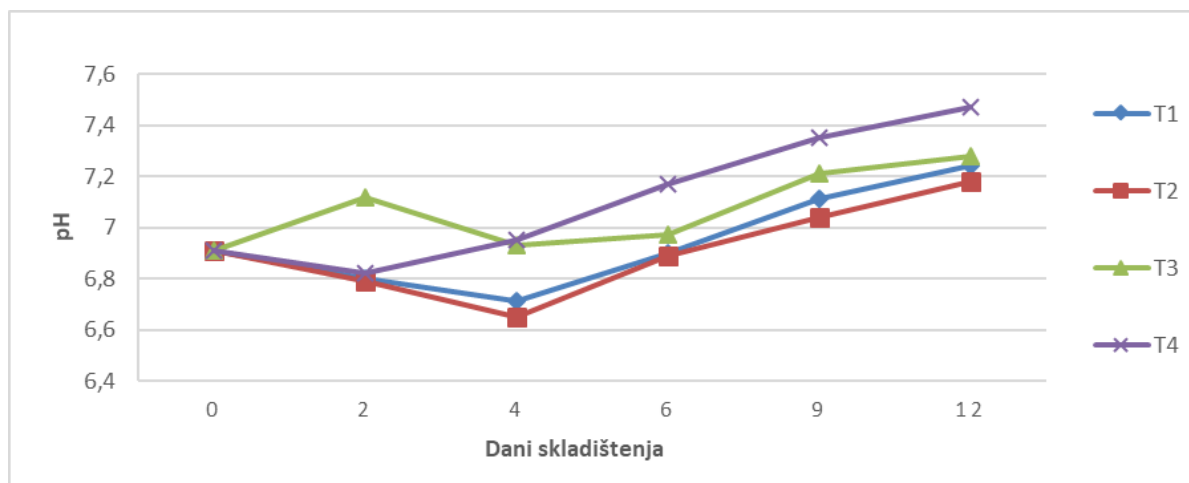
Uzorci riba iz kontrolne skupine upakirane sa leda (T3) su prosječno imale veći pH od ostalih skupina prilikom prvog mjerenja za vrijeme skladištenja (6,97) dok su ribe iz T4 za isti dan mjerenja imale prosječnu vrijednost pH od 6,86. Posljednji dan mjerenja pri pH mjestu 2 za T3 pH vrijednost je porasla do 7,26, a za T4 do 7,39.



Slika 8. Prosječne vrijednosti pH po tretmanima tijekom skladištenja za pH 2 mjesto mjerenja. Na Slici 9 prikazani su rezultati mjerenja za pH 3 mjesto mjerenja. Tijekom prvog mjerenja nakon izlova prosječan pH je bio 6,91. Uzorci iz T1 su pri prvom mjerenju tijekom skladištenja imali pH od 6,80, a do kraja perioda skladištenja pH vrijednost je porasla na 7,24. Ribe skladištene sa bijelim upijajućim podlošcima (T2) su nakon prvog mjerenja za vrijeme skladištenja imali pH od 6,79. Jednako kao i za ribe iz prvog tretmana tijekom prvog i drugog mjerenja za vrijeme skladištenja zabilježen je pad vrijednosti pH, dok je za sljedeća mjerenja zabilježen porast prosječne vrijednosti pH. Pri posljednjem mjerenju prosječna vrijednost pH za tretman 2 je bio 7,18.

pH vrijednost za T3 je za vrijeme prvog mjerenja tijekom skladištenja iznosila 7,12. Do kraja praćenog perioda pH vrijednost je porasla na 7,28 koja je izmjerena pri posljednjem mjerenju.

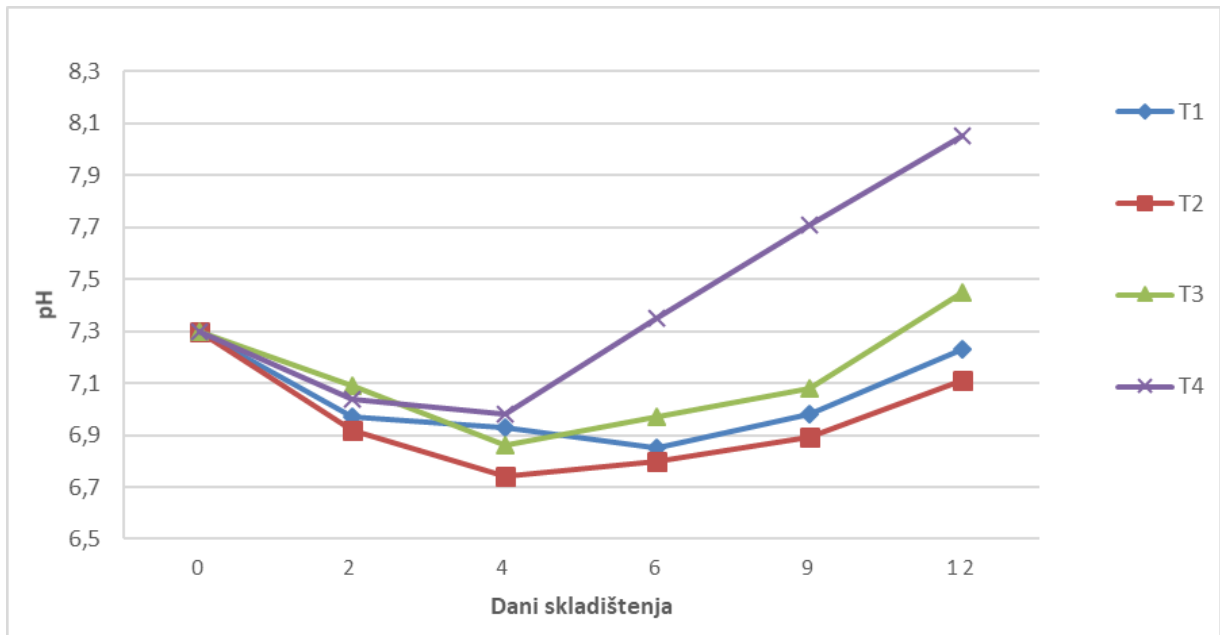
T4 tretman pri prvom mjerenju tijekom skladištenja je imao prosječnu vrijednost pH 6,82. U nastavku praćenja vrijednost je postepeno rasla te je pri posljednjem mjerenju iznosila 7,47.



Slika 9. Prosječne vrijednosti pH po tretmanima tijekom skladištenja za pH 3 mjesto mjerenja

Na Slici 10 prikazani su rezultati mjerenja sa pH 4 mjesta mjerenja (pH crijeva). Prosječan pH crijeva nakon izlova iznosio je 7,3. Za skupinu T1 pH crijeva tijekom perioda skladištenja kretao se u rasponu od 6,85 (treće mjerenje za vrijeme skladištenja) do 7,23 (posljednje mjerenje). Skupina T2 tijekom skladištenja imala je pH crijeva između 6,8 i 7,11. Prva tri mjerenja su pokazala snižavanje pH vrijednosti dok je za posljednja dva mjerenja zabilježen porast. T3 skupina riba je tijekom prvog mjerenja za vrijeme skladištenja imala prosječnu pH vrijednost od 7,09. Drugo mjerenje je pokazalo pad pH na 6,86 dok su posljednja tri mjerenja iskazala postepen porast pH crijeva sa najvišom vrijednosti 7,45 na zadnjem mjerenju.

Kontrolna skupina sa 12°C (T4) je pri prva dva mjerenja tijekom skladištenja iskazala pad pH vrijednosti crijeva. 7,04 je prosječna vrijednost za prvo mjerenje, a 6,98 za drugo. Sljedeća tri mjerenja su iskazala postepeni porast prosječne vrijednosti do 8,05 koja je i najviša zabilježena prosječna vrijednost pH crijeva za sva 4 tretmana.



Slika 10. Prosječne vrijednosti pH crijeva po tretmanima tijekom skladištenja

Usporedba svih izmjerenih vrijednosti pH *t*-testom pri intervalu povjerenja od 95% pokazala je sličnost između svih tretmana za pH 1, pH 2 i pH 3 ($p > 0.05$). Za pH 4 je između T2 i T4 utvrđena statistički značajna razlika ($p < 0.05$), dok je utvrđena blaga statistička razlika između T1 i T4 ($p < 0.1$).

4. Rasprava

Rezultati senzorske ocjene za četiri tretmana ukazuju na značajno odstupanje uzoraka iz tretmana 4, koji su upakirani u samoupijajuće stiroporne upijače i skladišteni pri $12^{\circ}\text{C}\pm 1$. Informacije o rukovanju, procesuiranju i skladištenju, uključujući vrijeme i temperaturu na kojoj se namirnica nalazila i koja može utjecati na svježinu i kvalitetu proizvoda, su vrlo bitne stavke koje moraju biti dostupne svim jedinicama od početka proizvodnje do stavljanja proizvoda na tržište. Najbitnija stavka koja utječe na kvalitetu ribljeg mesa je vrijeme provedeno na određenoj temperaturi. Nakon ulova, vrijeme koje riba provede na određenoj temperaturi će zasigurno utjecati na konačnu kvalitetu ribljeg proizvoda (Olafsdottir i sur., 2004). Ocjena senzorskih svojstava pokazala je za T4 nagli pad tijekom perioda skladištenja. Ostali tretmani koji su skladišteni pri $4^{\circ}\text{C}\pm 1$ su dosegli granicu minimalne prihvatljivosti (ocjena 3 senzorskih svojstava) pri ocjenjivanjima koja su se radila nakon 4 ili 7 dana skladištenja iza tretmana 4. Riba T4 je tu granicu dosegla već nakon dva dana skladištenja ocjenom 3,1. Taj rezultat pokazuje koju važnost ima temperatura na prihvatljivost ribe kroz senzorsku percepciju svježine, odnosno koliko je važno poštivanje pravilnog temperaturnog režima pri skladištenju ribe kako bi se produžilo vrijeme valjanosti ribe (Huss, 1995; Šimat i sur., 2009; Boziaris, 2014). Rezultati senzorskih svojstava za tretmane 1, 2 i 3 ukazuju na male razlike između tih tretmana sa nešto boljim rezultatima za uzorke tretirane polusatnom kupkom 0,9% NaCl upakirane u standardne stiroporne podloške (tip 166PS9, bijeli) u koje su postavljeni upijači ECOPAD 8E800.

Promjene dielektričnih svojstava utvrđene u ovom radu pokazuju najbrži pad torimetarske vrijednosti ponovno za tretman 4, dok su tri istraživane skupine koje su skladištene pri 4°C iskazivale slične vrijednosti torimetarskih očitavanja prvih šest dana skladištenja. Vrijednosti torimetarskih očitavanja nisu u potpunoj korelaciji sa senzorskim svojstvima, a rezultati Šimat i sur. (2009) ukazuju na isti manjak korelacije kod uzoraka koji su skladišteni u boksovima s ledom i ledenoj vodi. Isti autori ukazuju na korelaciju pada torimetarskih očitavanja i senzorskih svojstava za uzorke skladištene na zraku. Zaključno, autori navode da torimetarska očitavanja nisu pouzdan pokazatelj svježine kod ribe skladištene u ledenim boksovima i ledenoj vodi. Kretanje vrijednosti torimetarskih očitavanja za naša četiri istraživana tretmana tijekom 12 dana skladištenja nije u konstantnom opadanju kao što je slučaj kod Šimat i sur. (2009) za uzorke skladištene na zraku. Čini se da torimetarska očitavanja za konfekcioniranu ribu skladištenu pod pravilnim temperaturnim režimom nisu dovoljno pouzdan pokazatelj svježine ribe. Da način pakiranja može utjecati na stanje kože i senzorska svojstva, pa time vjerojatno i na vodljivost,

pokazala su istraživanja Kyrana i Lougovois (2002). Oni su tijekom istraživanja senzorskih, kemijskih i mikrobioloških promjena kod lubina utvrdili da karakter kvarenja i senzorske promjene nisu iste kod ribe na ledu i upakirane u foliju. Koža ribe upakirane u foliju bila je puno više pokrivena sluzi, a miris TMA mnogo intenzivniji. Prema istraživanju Nollet i Toldrá, 2009, na točnost dobivenog rezultata mjerenjem torimetrom još mogu utjecati udio masnoće i oštećenost kože nastala prilikom izlova. Za pretpostaviti je da su karakteristike kože i sluzi konfekcionirane ribe drugačije nego na zraku, za što je torimetar prvotno i dizajniran. To je vjerojatno razlog zbog kojeg su razvijeni „Intellelectron Fischtester VI“ i „RT-Freshtester“, uređaji koji rade na istom principu kao i torimetar i njihovi rezultati se smatraju kao objektivni kriteriji za svježinu ribljeg mesa uz senzoričku obradu (Nollet i Toldrá, 2009).

Promjena pH mišića bila je slična za sva tri mjesta mjerenja (pH1, pH2, pH3), dok su vrijednosti pH crijeva pokazale drugačiji trend rasta. Promjene su vidljive na slikama 7, 8, 9 i 10. Najbrži rast je na sva četiri mjesta mjerenja ponovno utvrđen kod tretmana 4. Nakon T4, najbrži rast utvrđen je u skupini T3, a najsporiji je bio u skupini T1 što pogoduje naseljavanju proteolitičkih bakterija koje uzrokuju kvarenje. Posmrtna glikoliza utječe na smanjivanje razine pH zbog akumulacije mliječne kiseline. Koliko će se pH sniziti, odnosno koliko će se mliječne kiseline proizvesti ovisi o razini glikogena u tkivu. To je direktno povezano sa načinom i trajanjem ugibanja ribe. Što je vrijeme ugibanja i stres pri ugibanju duži, time se više akumulira glikogena u tkivu. Zbog toga će procesom glikolize razina pH pasti niže nego kada je vrijeme ugibanja kraće. Općenito dobro nahranjene ribe imaju više razine glikogena u tkivu, pa je to jedan od razloga zašto se pri izlovu ribe u akvakulturi riba ne hrani 24-48 sati. Sniženi pH denaturira proteine u mišićnom tkivu, te smanjuje sposobnost zadržavanja vode (Huss, 1995). pH ribe je neposredno nakon izlova okarakteriziran padom vrijednosti zbog akumulacije mliječne kiseline, dok kasnije nakon razlaganja ostalih tkivnih komponenti raste što pogoduje naseljavanju mikroorganizama koji uzrokuju kvarenje ribe (Kyrana i Lougovois, 2002).

Niske vrijednosti pH ribljeg mesa lubina nakon izlova su pokazatelj dobrog nutritivnog stanja ribe, dok s druge strane veći pad vrijednosti pH nakon izlova je odraz više razine stresa prethodno izlovu i tijekom izlova (Kyrana i Lougovois, 2002). Zampacavallo i sur. (2015) navode da su izbor metode izlova i njegovo trajanje bitni čimbenici koji utječu na pH ribljeg mesa i ostale pokazatelje stresa. Dugo vrijeme izlova do usmrćivanja ima kao posljedicu

potrošnju energetske rezerve, sniženi pH uslijed nagomilavanja mliječne kiseline te posmrtna ukočenost nastupa brže i jače (Huss, 1988.)

Osim inicijalnog broja mikroorganizama i temperature skladištenja, na postmortalne promjene pH utječu vrsta ribe, hranidba, metoda usmrćivanja, godišnje doba te da li je riba gladovala prije izlova (Zampacavallo i sur., 2015; Periago i sur., 2005). Slijedom rezultata ovog istraživanja, navedenim čimbenicima koji utječu na postmortalne promjene pH možemo dodati i način tretiranja ribe prije pakiranja, te vrstu ambalaže koja se koristi za konfekcioniranje. Očigledno je da je tretman s 0,9 % otopinom NaCl smanjio inicijalni broj bakterija. Glede ambalaže, čini se da konvencionalni podlošci s upijačima bolje utječu na očuvanje svježine ribe od samoupijajućih koji su dizajnirani za ribu.

5. Zaključak

1. Osim inicijalnog broja mikroorganizama i temperature skladištenja, na brzinu postmortalnih promjena pH utječu vrsta ribe, hranidba, metoda usmrćivanja, godišnje doba te da li je riba gladovala prije izlova, način tretiranja ribe prije pakiranja, te vrsta ambalaže koja se koristi za konfekcioniranje.
2. Tretman svježeg lubina polusatnom kupkom 0,9%-tne otopine NaCl prije pakiranja pokazao se najučinkovitijim za očuvanje svježine ribe.
3. U usporedbi sa samoupijajućim podlošcima, standardni stiroporni podlošci su, iako ne znatno, efikasniji u očuvanju svježine ribe.

6. Literatura

- Aksnes, A. 1989. Effect of proteinase inhibitors from potato on the quality of stored herring. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 49(2): 225-234.
- Alasalvar, C., Taylor, K. D. A., Zubcov, E., Shahidi, F., Alexis, M. 2002. Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. *Food chemistry*, 79(2): 145-150.
- Alimelli, A., Pennazza, G., Santonico, M., Paolesse, R., Filippini, D., D'Amico, A., Lundstom, I., Di Natale, C. 2007. Fish freshness detection by a computer screen photoassisted based gas sensor array. *Analytica Chimica Acta*, 582(2): 320-328.
- Bagni, M. 2005. FAO 2005-2019 Cultured Aquatic Species Information Programme. *Dicentrarchus labrax*. FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]
- Bechmann, I. E., Jørgensen, B. M. 1998. Rapid assessment of quality parameters for frozen cod using near infrared spectroscopy. *LWT-Food Science and Technology*, 31(7-8): 648-652.
- Botta, J.R. 1991. Instrument for nondestructive texture measurement of raw Atlantic cod (*Gadus morhua*) fillets. *Journal of Food Science*, 56: 962-964
- Botta, J. R. 1995. Evaluation of seafood freshness quality. John Wiley & Sons: 1-180.
- Bourne, M. C. 2002. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. Food Science and Technology, International Series, Second Edition: 1-416.
- Boziaris I. S. 2014. Seafood Processing – Technology, quality and safety. Institute of Food Science and Technology, 508. Hoboken, New Jersey, SAD: Wiley-Blackwell: 1–488.
- Chambers, E., Bowers, J. R. 1993. Consumer perception of sensory qualities in muscle foods. *Food technology (USA)*: 116-120.
- Connor, W. E. 2000. Importance of n-3 fatty acids in health and disease—. *The American journal of clinical nutrition*, 71(1): 171S-175S.
- Coppes, Z., Pavlisko, A., Vecchi, S. D. 2002. Texture measurements in fish and fish products. *Journal of aquatic food product technology*, 11(1): 89-105.

- Cozzolino, D., Murray, A. I., Chree, A., Scaife, J. R. 2005. Multivariate determination of free fatty acids and moisture in fish oils by partial least-squares regression and near-infrared spectroscopy. *LWT-Food Science and Technology*, 38(8): 821-828.
- Crapo, C., Lee, J., Brown, E. 1991. Halibut quality: Chilled seawater storage of dressed and round fish. Alaska Sea Grant College Program. *Marine Advisory Bulletin* 1991(42): 1-12.
- Dalgaard, P. 2000. Freshness, Quality and Safety in Seafoods: F-FE 380A/00 (May 2000). Teagasc, The National Food Centre: 1-31.
- Downey, G. 1996. Non-invasive and non-destructive percutaneous analysis of farmed salmon flesh by near infra-red spectroscopy. *Food Chemistry*, 55(3): 305-311.
- EUMOFA. 2019. Case study: Seabass in the EU - PRICE STRUCTURE IN THE SUPPLY CHAIN FOR SEABASS. Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries, Publications Office of the European Union, Luxemburg: 8–40.
- Fasolato, L., Novelli, E., Salmaso, L., Corain, L., Camin, F., Perini, M., Antonetti, P., Balzan, S. 2010. Application of nonparametric multivariate analyses to the authentication of wild and farmed European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Results of a survey on fish sampled in the retail trade. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(20): 10979-10988.
- Fuentes, A., Fernández-Segovia, I., Serra, J. A., Barat, J. M. 2010. Comparison of wild and cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) quality. *Food Chemistry*, 119(4): 1514-1518.
- Gelman, A., Drabkin, V., Glatman, L. 2003. A rapid non-destructive method for fish quality control by determination of smell intensity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(6): 580-585.
- Grigorakis, K. 2007. Compositional and organoleptic quality of farmed and wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and factors affecting it: A review. *Aquaculture*, 272(1-4): 55-75.
- Huis in't Veld, J. H. J. 1996. Microbial and biochemical spoilage of foods: an overview. *International Journal of Food Microbiology*, 33 (1996): 1-18.

- Huss, H. H. 1988. Fresh fish – quality and quality changes. FAO Fisheries Series, No. 29, Rome: 1-132.
- Huss, H. H. 1995. Quality and quality changes in fresh fish (No. 348). Food & Agriculture Org.: 1-195.
- Inácio, P., Bernardo, F., Vaz-Pires, P. 2003. Effect of washing with tap and treated seawater on the quality of whole scad (*Trachurus trachurus*). European Food Research and Technology, 217(5): 406-411.
- Khodabux, K., L'Omelette, M. S. S., Jhaumeer-Laulloo, S., Ramasami, P., Rondeau, P. 2007. Chemical and near-infrared determination of moisture, fat and protein in tuna fishes. Food chemistry, 102(3): 669-675.
- Kinsella, J. E. 1986. Food components with potential therapeutic benefits: the n-3 polyunsaturated fatty acids of fish oils. Food technology (USA): 89–97.
- Kyranas, V. R., Lougovois, V. P. 2002. Sensory, chemical and microbiological assessment of farm-raised European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in melting ice. International Journal of Food Science and Technology 2002, 37: 319–328.
- Majolini, D., Trocino, A., Xiccato, G., Santulli, A. 2009. Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) characterization of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) from different rearing systems. Italian Journal of Animal Science 8(suppl. 2): 860–862.
- Martinsdottir, E. 2002. Quality Management of Stored Fish. In Safety and Quality Issues in Fish Processing. Bremner H. A. ed. Cambridge England: Woodhead Publishing Limited: 360-378.
- Molto, E. 2000. Investigación sobre sensores electrónicos para la medida objetiva de la calidad postcosecha. Agrícola vergel: Fruticultura, horticultura, floricultura, (219): 193-199.
- Morita, R.Y. 1975. Psychrophilic bacteria. Bacteriol. Rev. 39: 144-167.
- Nilsen, H., Esaiassen, M. 2005. Predicting sensory score of cod (*Gadus morhua*) from visible spectroscopy. LWT-Food Science and Technology, 38(1): 95-99.

- Nollet, L. M. L., Toldra, F. 2009. Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis. CRC Press, Taylor and Francis Group. Boca Raton: 1-928.
- Nortvedt, R., Torrissen, O. J., Tuene, S. 1998. Application of near-infrared transmittance spectroscopy in the determination of fat, protein and dry matter in Atlantic halibut fillet. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 42(1-2): 199-207.
- Olafsdottir, G., Högnadóttir, Á., Martinsdottir, E., Jonsdottir, H. 2000. Application of an electronic nose to predict total volatile bases in capelin (*Mallotus villosus*) for fishmeal production. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 48(6): 2353-2359.
- Olafsdottir, G., Nesvadba, P., Di Natale, C., Careche, M., Oehlenschläger, J., Tryggvadottir, S. V., Schubring, R., Kroegner, M., Heia, K., Esaiassen, M., Macagnano, A., Jorgensen, B. M., 2004. Multisensor for fish quality determination. *Trends in Food Science & Technology*, 15(2): 86-93.
- Parlapani, F. F., Haroutounian, S. A., Nychas, G. J. E., Boziaris, I. S. 2015. Microbiological spoilage and volatiles production of gutted European sea bass stored under air and commercial modified atmosphere package at 2 C. *Food microbiology*, 50: 44-53.
- Periago M. J., Ayala M. D., López-Albors O., Abdel I., Martínez C., García-Alcázar A., Ros G., Gil F. 2005. Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. *Aquaculture* 249: 175–188.
- Poli, B. M., Parisi, G., Zampacavallo, G., Mecatti, M., Lupi, P., Gualtieri, M., Franci, O. 2001. Quality outline of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) reared in Italy: shelf life, edible yield, nutritional and dietetic traits. *Aquaculture*, 202(3-4): 303-315.
- Rodríguez-Jérez, J. J., Hernández-Herrero, M. M., Roig-Sagués, A. X. 2000. New methods to determine fish freshness in research and industry. Global quality assessment in Mediterranean aquaculture. Zaragoza: CIHEAM, 2000. Cahiers Options Méditerranéennes; n. 51: 63-69.
- Roncarati, A., Sirri, F., di Domenico, A., Brambilla, G., Iamiceli, A. L., Melotti, P., Meluzzi, A. 2010. Survey of qualitative traits of European sea bass cultivated in different rearing systems. *European journal of lipid science and technology*, 112(7): 770-779.

- Schmidt, E. B., Arnesen, H., de Caterina, R., Rasmussen, L. H., Kristensen, S. D. 2005. Marine n-3 polyunsaturated fatty acids and coronary heart disease: Part I. Background, epidemiology, animal data, effects on risk factors and safety. *Thrombosis research*, 115(3): 163-170.
- Shewan, J.M. (1962). The bacteriology of fresh and spoiling fish and some related chemical changes. *Recent advances in food science*, 1: 167-193.
- Shewan, J.M. 1977. The bacteriology of fresh and spoiling fish and the biochemical changes induced by bacterial action. *Proceedings of the Conference on Handling, Processing and Marketing of Tropical Fish.*, Tropical Products Institute, London: 51-66.
- Šimat V., Soldo A., Maršić-Lučić J., Tudor M., Bogdanović T. 2009. Effect of different storage conditions on the dielectric properties of the sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.). *Acta Adriatica* 50 (1): 5–10.
- Toyohara, H., Sakata, T., Yamashita, K., Kinoshita, M., Shimizu, Y. 1990. Degradation of oval-filfish meat gel caused by myofibrillar proteinase (s). *Journal of food science*, 55(2): 364-368.
- Trocino, A., Xiccato, G., Majolini, D., Tazzoli, M., Bertotto, D., Pascoli, F., Palazzi, R. 2012. Assessing the quality of organic and conventionally-farmed European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Food Chemistry*, 131(2): 427-433.
- Tulli, F., Balenovic, I., Messina, M., Tibaldi, E. 2009. Biometry traits and geometric morphometrics in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) from different farming systems. *Italian Journal of Animal Science*, 8(sup2): 881-883.
- Vogt, A., Gormley, T. R., Downey, G., Somers, J. 2002. A comparison of selected rapid methods for fat measurement in fresh herring (*Clupea harengus*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 15(2): 205-215.
- Wold, J. P., Isaksson, T. 1997. Non-destructive determination of fat and moisture in whole Atlantic salmon by near-infrared diffuse spectroscopy. *Journal of food science*, 62(4): 734-736.

Xiccato, G., Trocino, A., Tulli, F., Tibaldi, E. 2004. Prediction of chemical composition and origin identification of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Food Chemistry*, 86(2): 275-281.

Zampacavallo, G., Parisi, G., Mecatti, M., Lupi, P., Giorgi, G., Poli, B. M. 2015. Evaluation of different methods of stunning/killing sea bass (*Dicentrarchus labrax*) by tissue stress/quality indicators. *Journal of Food Science and Technology* (May 2015) 52(5): 2585–2597.

Zhang, H. Z., Lee, T. C. 1997. Rapid near-infrared spectroscopic method for the determination of free fatty acid in fish and its application in fish quality assessment. *Journal of agricultural and food chemistry*, 45(9): 3515-3521.

Internet izvori:

<https://ribarstvo.mps.hr/default.aspx?id=42>

IZJAVA

S punom odgovornošću izjavljujem da sam diplomski rad izradio samostalno, služeći se navedenim izvorima podataka i uz stručno vodstvo mentorice izv. prof. dr. sc. Ane Gavrilović.

Maro Donatović