

 **Interreg**
Italy - Croatia
AdriAquaNet



AdriaAquaNet

Jačanje inovacija i
održivosti u
jadranskoj
akvakulturi



KARAKTERIZACIJA SVOJSTAVA SVJEŽE MORSKE RIBE IZ UZGOJA

AdriaAquaNet

Jačanje inovacija i
održivosti u
jadranskoj
akvakulturi



KARAKTERIZACIJA SVOJSTAVA SVJEŽE MORSKE RIBE IZ UZGOJA

Naziv projekta: AdriaAquaNet – Enhancing Innovation and Sustainability in Adriatic Aquaculture

Prioritet: Plava inovacija

Trajanje: 01.01.2019. – 30.06.2022.

Koordinator: Sveučilište u Udinama, Italija
Odjel za znanost, poljoprivredu i zaštitu okoliša

Kontakt: Prof. Marco Galeotti
marco.galeotti@uniud.it

Naslov: Karakterizacija svojstava svježe morske ribe iz uzgoja

Nakladnik: Hrvatski veterinarski institut, Zagreb

Autori: prof.dr.sc. Giuseppe Comi, prof.dr.sc. Marco Galeotti, izv.prof.dr.sc. Lucilla Iacumin, prof.dr.sc. Greta Krešić, izv.prof.dr.sc. Jelka Pleadin, prof.dr.sc. Nada Vahčić, prof.dr.sc. Emilio Tibaldi, dr.sc. Snježana Zrnčić

Urednik: dr.sc. Snježana Zrnčić

Lektor: Marija Dujmović, prof.

Grafička obrada: GENS94

Fotografije: Orada Adriatic, d.o.o., Friškina d.o.o., David Skoko

Tisak: Printera Grupa d.o.o.

ISBN: 953-6836-20-3 (tiskano izdanje)
953-6836-22-X (e-izdanje)

Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost projektnih partnera i niti na koji način se ne može smatrati da odražava gledišta Europske Unije.

Sadržaj:

Predgovor – Snježana Zrnčić	7
1. UVOD – Snježana Zrnčić, Emilio Tibaldi, Marco Galeotti	9
1.1. Svojstva lubina (<i>Dicentrarchus labrax</i>) i komarče (<i>Sparus aurata</i>) – Giuseppe Comi	15
2. ZDRAVSTVENA ISPRAVNOST SVJEŽE RIBE	19
2.1. Mikrobiološka kvaliteta svježe ribe – Giuseppe Comi	19
2.1.1. Karakteristike mesa lubina i komarče	19
2.1.2. Kvarenje komarče i lubina	20
2.1.3. Razmatranje zdravstvene ispravnosti lubina i komarče	26
2.1.4. Primjer rezultata analiza koje je potrebno provesti da bi se potvrdilo visoku higijensku kvalitetu lubina i komarče iz uzgoja	27
2.1.5. Zdravstvena ispravnost ribe	31
2.2. Mogući kemijski zagađivači u ribi – Lucilla Iacumin	35
2.2.1. Uvod	35
2.2.2. Živa	37
2.2.3. Olovo	39
2.2.4. Kadmij	40
2.2.5. Pesticidi (fitofarmaceutici)	41
2.2.6. Dioksini i PCB-i	42
2.2.7. Veterinarski lijekovi	44
2.2.8. Histamin	47
3. SENZORIČKA SVOJSTVA SVJEŽE RIBE – Nada Vahčić	49
3.1. Uvod	49
3.2. Svježina	50
3.3. Senzoričko vrednovanje ribe	51
3.4. EU shema – sirova riba	53
3.5. Metoda određivanja indeksa kvalitete (QIM)	55
3.6. Torry shema	57
3.7. QDA metoda	59

4. NUTRITIVNA KVALITETA RIBE – Jelka Pleadin	61
4.1. Uvod	61
4.2. Osnovni nutritivni sastav	62
4.3. Masne kiseline	64
4.4. Minerali.....	66
4.4.1. Kalij i fosfor	67
4.4.2. Kalcij.....	68
4.4.3. Cink	68
4.4.4. Željezo	68
4.4.5. Jod.....	68
4.4.6. Magnezij	69
4.4.7. Selen	69
4.5. Vitamini	69
4.5.1. Vitamin A	69
4.5.2. Vitamin E.....	70
4.5.3. Vitamin D	70
4.5.4. Skupina B vitamina.....	70
5. DOBROBITI RIBE U LJUDSKOJ PREHRANI – Greta Krešić	73
5.1. Uvod	73
5.2. Konzumacija ribe sa stajališta potrošača	73
5.3. Nutritivne dobrobiti konzumacije ribe.....	75
5.4. Pozitivni zdravstveni učinci konzumacije ribe	76
5.4.1. Kardiovaskularne bolesti.....	77
5.4.2. Pretilost i metabolički sindrom	78
5.4.3. Karcinom	79
5.5. Kognitivna funkcija i duševno zdravlje	80
5.6. Preporuke glede unosa ribe.....	80

PREDGOVOR

“AdriAquaNet (Poticanje inovacije i unaprjeđenje održivosti jadranske akvakulture; u eng. izvorniku: *Enhancing Innovation and Sustainability in Adriatic Aquaculture*)” suradni je talijansko-hrvatski projekt u sklopu Interreg programa (V-A 2014-2020) i spada u prioritetnu skupinu 1 “Inovacije u plavom gospodarstvu – unaprijedite radni okvir za inovacije u relevantnim sektorima plavoga gospodarstva unutar suradnoga područja” (u eng. izvorniku: “Blue innovation – *Enhance the framework conditions for innovation in the relevant sectors of the blue economy within the cooperation area*”).

Glavni cilj projekta jest osnažiti održivu akvakulturu u Jadranskom more transferom naprednih znanja i novih tehnologija kroz cjelokupni lanac vrijednosti u akvakulturi, počevši od upravljanja proizvodnjom na uzgajalištu riba pa sve do plasmana obrađenoga proizvoda na tržište. Projekt je započet s ciljem da utječe na tri aspekta vrijednosnoga lanca, kako slijedi:

1. Unaprjeđenje uzgoja primjenom inovativnih formulacija riblje hrane i inovativnog postupka hranidbe u cilju poboljšanja kvalitete ribe i zaštite okoliša uz istodobno uvođenje tehnologije koja omogućava uštedu energije.
2. Uvođenje novoga pristupa upravljanju zdravljem i dobrobiti cijepljenjem protiv bakterijskih infekcija i primjenom prirodnih supstanci u liječenju.
3. Razvijanje smjernica namijenjenih potrošačima ribe temeljem procjene zdravstvene ispravnosti i kvalitete, senzoričkih i nutritivnih svojstava kao i zdravstvenih dobrobiti konzumacije te, u konačnici, prezentacije svih ovih podataka i činjeničnoga stanja potrošačima u jadranskoj regiji sveobuhvatnom marketinškom kampanjom.

Priručnik “Karakterizacija svojstava svježe ribe iz uzgoja” početni je dokument koji će dionike procesa, uključujući tu i proizvođače i potrošače, podučiti kako vrednovati zdravstvenu ispravnost i kvalitetu ribe iz uzgoja te o zdravstvenim dobrobitima njezine konzumacije. Dokument predstavlja suštinu aktivnosti poduzetih u okviru radnoga pa-

keta 5: “Unaprjeđenje kvalitete i marketinga svježe i obrađene ribe” (u eng. izvorniku: “*Improving the quality and marketing of fresh and processed fish*”), projektni zadatak 5.1: “Utvrđivanje kvalitete ribe iz uzgoja i njezine zdravstvene ispravnosti unutar roka trajnosti” (u eng. izvorniku: “*Determination of the farmed fish quality and shelf-life safety*”). Autori su suradnici u AdriaAquaNet projektu i vodeći stručnjaci na području zdravstvene ispravnosti i kvalitete ribe s obje strane Jadranskoga mora, u Italiji i Hrvatskoj, a niže su navedeni abecednim redom:

Prof. **Giuseppe Comi**, redoviti profesor Sveučilišta u Udinama, Italija

Prof. **Lucilla Iacumin**, izvanredna profesorica Sveučilišta u Udinama, Italija

Prof. **Greta Krešić**, redovita profesorica Fakulteta za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu Sveučilišta u Rijeci, Hrvatska

Prof. **Jelka Pleadin**, izvanredna profesorica, Hrvatski veterinarski institut, Zagreb, Hrvatska

Prof. **Nada Vahčić**, redovita profesorica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska

Međutim, izgled ovog priručnika nikada ne bi dobio ovakvu formu bez nesebičnog pomaganja uzgajivača lubina i komarče, partnera u AdriaAquaNet-u, Orada Adriatic, d.o.o., Cres i Kukuljanovo i Friškina, d.o.o., Split koji su uz sudjelovanje u svim istraživačkim aktivnostima također prepustili krasne fotografije. Posebno smo zahvalni gospodinu Davidu Skoko na fotografijama obroka pripremljenih od lubina i komarče.

Dr. **Snježana Zrnčić**, Hrvatski veterinarski institut, Laboratorij za patologiju riba
Voditeljica radnoga paketa 5



1. UVOD

Snježana Zrnčić,

Hrvatski veterinarski institut, Laboratorij za patologiju riba

Emilio Tibaldi i Marco Galeotti,

Sveučilište u Udinama, Odjel za agrohranu, znanost o okolišu i životinjama”

Mediteranska prehrana, uvedena 2013. godine u UNESCO-ov Reprezentativni popis nematerijalne baštine čovječanstva, definirana je kako slijedi: *“Mediteranska prehrana uključuje niz vještina, znanja, rituala, simbola i tradicija vezanih uz usjeve, žetvu, ribarenje, stočarstvo, očuvanje, preradu, kuhanje te napose zajedničke obroke i konzumaciju hrane. Zajednički obroci predstavljaju temelj kulturološkoga identiteta i kontinuiteta društvenih zajednica diljem mediteranskoga bazena. To je trenutak socijalne interakcije i komunikacije, afirmacije i obnove identiteta obitelji, skupine ili društvene zajednice. U mediteranskoj je prehrani naglasak stavljen na vrijednosti kao što su gostoprimstvo, dobrosusjedski odnosi, međukulturalni dijalog i kreativnost te način življenja rukovođen poštivanjem različitosti. Ona ima ključnu ulogu u prostorima u/na kojima se odvijaju kulturni događaji, festivali i proslave, spajajući ljude svih dobi, životnih okolnosti i društvenih klasa...”*

Proizvodi ribarstva čine jednu od namirnica koja u mediteranskoj prehrani ima veliki značaj. Nužan preduvjet zdravstvene ispravnosti i kvalitete svježe ribe i ribljih proizvoda je da riba potječe iz visokokvalitetnog i kontroliranog morskog okoliša.

Projekt “AdriAquaNet” financiran u sklopu Interreg programa Italija – Hrvatska usredotočen je na morsku akvakulturu kao izrazito značajnu gospodarsku aktivnost u Jadranskom moru, kako u dijelu koji pripada talijanskom, tako i u dijelu koji pripada hrvatskom državnom teritoriju. Akvakultura je jedan od najbrže rastućih sektora proizvodnje hrane animalnog podrijetla do te mjere da je zadnjih godina nadmašila proizvodne rezultate ribarskog sektora. Drugim riječima, u svijetu se danas od dvije ribe na tržištu više od jedne proizvede na uzgajalištu ribe (FAO, 2018.). Iako ovaj trend u Europi i zapadnim zemljama nije tako izrazit kao na azijskom kontinentu, on karakterizira i zemlje jadranskoga priobalja, posebice Hrvatsku, gdje je morska akvakultura lubina (*Dicentrarchus labrax*) i komarče (*Sparus aurata*) ostvarila značajne proizvodne ciljeve. Taj rast je odraz nedavnih promjena na tržištu ribe te, gledano s aspekta potražnje, značajnog napretka i promjena u prehrambenim navikama potrošača čiji su tržišni odabiri sve više usmjereni k suvremenim, funkcionalnim i zdravim prehrambenim proizvodima.

Brzim rastom obujma proizvodnje i uvođenjem novih lokacija pogodnih za akvakulturu do izražaja je došla i osjetljivost javnoga mnijenja i lokalne uprave na okolišni

utjecaj i socioekonomsku održivost rasta akvakulture u širem kontekstu, a ponekad i u kompetitivnom ozračju integriranoga upravljanja obalnim pojasom. Rastuća industrija akvakulture izaziva i zabrinutost potrošača vezanu uz kvalitetu ribe iz uzgoja u usporedbi s onom iz ulova, u smislu njezina izgleda i zdravstvene kvalitete ribljeg mesa i plodova mora.

Spomenuta problematika pokretač je strategije svih dionika uključenih u proizvodnju u akvakulturi i opskrbnih lanaca odlučnih u tome da razviju i primjene ekološki prihvatljiv način uzgoja ribe i strategije koji će rezultirati zdravim i nutritivno vrijednim proizvodima kako bi potrošačima ponudili ribu zajamčeno bolje kvalitete.

Zbog gore navedenih razloga glavne aktivnosti u okviru projekta “AdriAquaNet” kojima se nastoji postići sveobuhvatno poboljšanje morske akvakulture u jadranskoj regiji usmjerene su na uvođenje:

- i) novih vrsta riblje hrane i hranidbenih protokola u cilju poboljšanja kvalitete ribe i manjeg onečišćenja morskog okoliša;
- ii) sustava zbrinjavanja otpada kojima se smanjuje onečišćenje i tehnika kojima se poboljšava ekološka i energetska održivost uzgoja ribe;
- iii) novih cjepiva i prirodnih spojeva s ciljem kontrole zaraznih bolesti i promicanja zdravlja riba kako bi se potrošačima moglo osigurati zdravu i zdravstveno ispravnu ribu;
- iv) inovativnih i učinkovitih marketinških programa s ciljem podizanja svijesti o kvaliteti obiju ribljih vrsta koje su predmet ovoga projekta.

Aktivnosti provedene u okviru projekta rezultirat će razvojem novih ili prihvaćanjem postojećih rješenja radi osiguravanja održivog uzgoja ribe. Projektom “AdriAquaNet” povećat će se ekološka održivost uzgoja osmišljavanjem novih načina prehrane temeljenih na zdravijoj ribi bolje kvalitete u ponudi potrošačima, smanjenjem neželjenoga utjecaja uzgoja na okoliš te ekonomičnijom proizvodnjom. Ispitat će se inovativna anaerobna obrada otpada iz visokoproduktivnih pogona akvakulture i mrjestilišta što će omogućiti dobivanje bioplina koji je moguće koristiti kao obnovljivi izvor energije (toplinske i električne) te sigurnu uporabu otpada kao organskoga gnojiva čime će se smanjiti njegov neželjeni utjecaj na okoliš.

Projektom “AdriAquaNet” ujedno će se promicati i zdravlje ribe te potrošačima ponuditi sigurniji i zdravstveno ispravniji proizvodi predlaganjem novih rješenja u suzbijanju bakterijskih ili nametničkih bolesti. Umjesto liječenja bakterijskih infekcija antibioticima, u sklopu “AdriAquaNet” projekta, proizvest će se i ispitati autologna cjepiva radi sprječavanja epidemije. Za liječenje nametničkih bolesti bit će predloženi piretrini ekstrahirani iz buhača (*Chrysanthemum cinerariifolium*) kao nov, neškodljiv, biorazgradiv i neposredno dostupan i ekonomičan antiparazitik. S ciljem sprječavanja razvoja antimikrobne rezistencije na antibiotike i onečišćenja okoliša, kao inovativna rješenja i zamjena za sintetičke lijekove ili aditive, bit će predložena nova formulacija probioti-

ka dobivenih iz mikrobioma jadranskoga lubina i komarče te prirodni morski proizvodi (PMP-i) s antimikrobnim i imunostimulirajućim svojstvima podrijetlom iz beskralješnja-ka i mikroalgi. U konačnici, izbjegavanje liječenja kemijskim tvarima imat će pozitivne ekonomske učinke na uzgoj ribe te će unaprijediti kvalitetu okoliša i zdravstvenu ispravnost i kvalitetu finalnoga proizvoda. Nadalje, predložit će se novi operativni indikatori dobrobiti (u eng. izvorniku: *Operational Welfare Indicators*) koje će uzgajivači riba na jednostavan način moći koristiti za procjenu dobrobiti lubina/komarče.

Vrednovat će se nova rješenja vezana uz pakiranje ribe kako bi se produljio rok valjanosti svježe ribe i ribljih proizvoda i, posljedično, povećala konkurentnost malih i srednjih poduzeća.

Sva inovativna rješenja ispitana u okviru i uvedena putem “AdriAquaNet” projekta rezultirat će visokokvalitetnom ribom tržišne veličine; naime, nakana projekta je definirati kvalitetu dviju najvažnijih uzgajanih vrsta riba na Mediteranu, lubina (*Dicentrarchus labrax*) i komarče (*Sparus aurata*). Kvaliteta lubina i komarče iz uzgoja analizirat će se i dokazati određivanjem specifičnih fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja, a nakon toga će se temeljem analitičkih rezultata odrediti nutritivna kvaliteta ribljih proizvoda.

Nadalje, na osnovu kemijskoga sastava i sadržaja određenih masnih kiselina izračunat će se indeksi zdravlja vezani uz konzumaciju jadranskoga lubina i komarče.

Uz navedeno, kao odgovor na tržišnu potražnju za gotovim ribljim proizvodima te u cilju obogaćivanja ponude ribljih proizvoda od lubina i komarče, razvit će se novi proizvodi, primjerice dimljeni fileti te burgeri od mesa obiju vrsta.

Provest će se marketing i promicanje svih gore navedenih aspekata kako bi se povećala i proširila konzumacije zdrave ribe i visokokvalitetnih ribljih proizvoda proizvedenih u Hrvatskoj i Italiji.

Potražnja za plodovima mora postaje sve veća zbog njihove visoke kvalitete i nutritivne vrijednosti. Riba je visokokvalitetna prehrambena namirnica koja predstavlja izvor makro i mikronutrijenata ključnih za normalno funkcioniranje ljudskoga organizma. Ona je ujedno i izvor lako probavljivih bjelančevina bogatih aminokiselinama i omega-3 masnim kiselinama. Na savjetovanju Svjetske zdravstvene organizacije (WHO; od eng. *World Health Organisation*) i Organizacije za hranu i poljoprivredu (FAO; od eng. *Food and Agriculture Organisation*) o dobrobitima i rizicima konzumacije ribe (2011) zaključeno je da postoji nekoliko uvjerljivih dokaza o zdravstvenim dobrobitima konzumacije ribe poput smanjenja rizika od srčanog udara i pospješeni neurološki razvoj dojenčadi i male djece čije su majke ribu konzumirale prije i za vrijeme trudnoće. Postoje i brojna istraživanja koja dokazuju zdravstvenu kvalitetu ribe kao izvor omega-3 višestruko nezasićenih masnih kiselina (PUFAs; od eng. *Polyunsaturated Fatty Acids*) dugih lanaca i drugih hranjivih tvari poput bjelančevina, selena, joda, vitamina D, kolina i taurina, koji su iz drugih izvora ponekad teško dostupni.

Poznato je da se kao osnovno mjerilo uvijek uzima zdravstvena ispravnost prehrambene namirnice, što je u ovom kontekstu od posebnoga značaja s obzirom na to da se ribu smatra lakopokvarljivim proizvodom. Posebnu pozornost valja posvetiti rukovanju svježom ribom, od izlova pa sve do konzumacije. Uzgajališta riba uronjena su u morski okoliš te riba stoga može sadržavati neke toksične tvari poput metala (žive, arsena, kadmija, olova), halogeniranih organskih spojeva (polikloriranih bifenila, PCBs, od eng. *Polychlorinated Biphenyls*, dioksina, organoklornih insekticida) čiji izvor mogu biti onečišćenje okoliša pa čak i antimikrobni lijekovi koje se tijekom uzgoja ribe koristi u suzbijanju bolesti.

Ipak, vrlo je lako kontrolirati zdravstvenu ispravnost i kvalitetu uzgajane ribe kako bi se rizike svelo na najmanju moguću mjeru, a očuvalo dobrobiti njezine konzumacije (Costa, 2007). Zdravstvenu ispravnost i kvalitetu ribe moguće je procijeniti senzoričkim, kemijskim, biokemijskim, fizikalno-kemijskim i mikrobiološkim metodama, a ovaj priručnik sačinjen je s nakanom da posluži kao smjernica uzgajivačima, dionicima prodajnog lanca za ugostiteljstvo (HoReCa; od eng. *Hotel, Restaurant, Café*) i širokoj javnosti te da jasno prezentira sve potencijalne rizike i dobrobiti proizašle iz konzumacije ribe iz uzgoja. To je ujedno i vrlo koristan dokument koji potrošače uči kako odrediti senzorička svojstva ribe i pojmiti točno koji to sastojci određuju njezinu kvalitetu. Čitatelji će se upoznati i sa zdravstvenim indeksima vezanim za konzumaciju ribe te s pozitivnim utjecajem na ljudsko zdravlje.

Nakon uvodnoga poglavlja priručnik je podijeljen na četiri glavna dijela:

U prvome dijelu nazvanom “Zdravstvena ispravnost svježe ribe” sadržane su informacije o mikrobiološkoj i kemijskoj ispravnosti ribe koje čitatelje potanko informiraju o mikrobiološkoj ispravnosti ribe i mogućim procesima njezina kvarenja te vrstama bakterija koje su tijekom takvih procesa prisutne. Nadalje, detaljno se raspravlja i o zakonodavnoj podlozi kontrolnih mehanizama i znanstveno utemeljenim argumentima koji govore u prilog mikrobiološke ispravnosti lubina i komarče. Uz navedeno, dana je i jasna preporuka kako rukovati ribom tijekom izlova, pakiranja, prodaje i kupnje na tržnici te prije i nakon kuhanja, a sve u cilju sprječavanja onečišćenja i kvarenja. U istom poglavlju koje se bavi zdravstvenom ispravnošću ribe opisani su i kemijski zagađivači potencijalno prisutni u svježoj ribi i ribljim proizvodima te njihov utjecaj na ljudsko zdravlje.

U drugom dijelu nazvanom “Senzorička svojstva svježe ribe” čitatelje se upoznaje s pokazateljima koji se koriste pri procjeni kvalitete ribe, poput boje, okusa i teksture ribljega mesa. Ovi pokazatelji predstavljaju važne čimbenike koji utječu na primjerenost ribe za različite vrste kulinarske obrade i uporabu u prehrambenoj industriji.

U trećem poglavlju pod naslovom “Nutritivna kvaliteta svježe ribe” čitatelje se upoznaje s kemijskim sastavom svježe ribe i informira o njezinim sastavnicama; koliko ima bjelančevina, sastav masnih kiselina i udio pojedinih masnih kiselina u ukupnom sadržaju te sadržaj vitamina, makro i mikronutrijenata.

Četvrti i završni dio dotiče se tema svih prethodnih poglavlja i iznosi znanstveno utemeljene argumente o dobrobiti konzumacije ribe u ljudskoj prehrani.

Autori se nadaju da će ovaj priručnik profesionalcima i širokoj javnosti podastrijeti korisne informacije o zdravstvenoj ispravnosti i kvaliteti jadranskoga lubina i komarče i doprinijeti podizanju svijesti o dobrobitima konzumacije ovih dviju vrsta. Neizravno, nadamo se da će ovaj dokument pridonijeti većoj konzumaciji uzgajanih lubina i komarče.

Literatura:

Costa, L.G. (2007). Risks and benefits of fish consumption. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 58; 367-374, DOI: 10.2478/v10004-007-0025-3

FAO (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

FAO/WHO (2011). Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations; Geneva, World Health Organization, 50 pp.

UNESCO (2013). Mediterranean diet Cyprus, Croatia, Spain, Greece, Italy, Morocco and Portugal Inscribed in 2013 (8.COM) on the Representative List of the Intangible Cultural Heritage of Humanity. <https://ich.unesco.org/en/RL/mediterranean-diet-00884>

1.1. Svojstva lubina (*Dicentrarchus labrax*) i komarče (*Sparus aurata*)

Giuseppe Comi,

Sveučilište u Udinama, Odjel za znanost o hrani



Kavez za uzgoj komarče tržišne veličine

Lubin (*Dicentrarchus labrax*) i komarča (*Sparus aurata*) imaju koštani skelet te stoga spadaju u nadred *Teleostei*. Obje vrste uzgajaju se u industrijskim razmjerima na uzgajalištima ribe u moru. U Europi je sukladno Direktivi 91/67 EZ dozvoljen njihov uzgoj na

uzgajalištima na otvorenom moru. Lubin i komarča spadaju među najrasprostranjenije riblje vrste na svijetu; odgovara im život u priobalnim morskim vodama različitih temperatura (ali ne nižim od 4 °C) i širokoga raspona saliniteta. Kako spadaju u cijenjene prehrambene namirnice i pogodne su za uzgoj, obje vrste pokazale su se gospodarski vrlo značajnima. Navedeni čimbenici doprinijeli su razvoju akvakulture obiju vrsta naročito u mediteranskom području (Italiji i Hrvatskoj). Prvi uzgoj ovih ribljih vrsta zabilježen je u Japanu 1958. godine, a s vremenom se uvelike razvio; prema podacima FAO ova gospodarska aktivnost se u razdoblju od 1986. do 2006. godine intenzivirala za 10 % godišnje, a gospodarski sektor i dalje brzo raste.

Lubin spada u porodicu *Moronidae*. Karakterizira ga vretenast i neznatno spljošten trup, vrlo robusna glava i dvije posve različite leđne peraje. U ustima se nalaze gusto zbijeni zubi koji mu omogućuju da uhvati i pojede plijen čak i veći od njega samog. Vanjska boja nije ujednačena; trbuh je posve svijetao dok je ostatak trupa srebrnosiv, a na leđima ima tamnije nijanse. Osebniju karakteristiku ove ribe predstavljaju smeđe pjege smještene s obje strane trupa dok su joj peraje gotovo bezbojne, ponekad crno nijansirane. Duljina varira ovisno o primjerku te se može kretati u rasponu od 45 cm pa sve do preko jednog metra. Težina također varira ovisno o primjerku, a u nekih primjerala čak premašuje 15 kg.



Lubin (*Dicentrarchus labrax*)

Komarča spada u porodicu *Sparidae*, a obilježava ju izrazito konveksna glava, zaobljena njuška i male oči. Donja je čeljust neznatno kraća od gornje. U svakoj se čeljusti sprijeda nalazi 4 – 6 velikih očnjaka nakon kojih slijedi niz od 3 – 5 gornjih i 3 – 4 donja molariformna zuba. Tijelo je ovalno i spljošteno. Uglavnom je srebrne boje sa širom prugom zlatnoga odsjaja u središnjem dijelu glave između očiju. Leđna peraja je plavkastosiva s tamnijim srednjim uzdužnim dijelom. Duga je i jedinstvene građe, a sastoji se od 11 koštanih žbica građenih poput bodlji i 12 – 13 žbica koje nemaju takvu građu. Uz navedeno, ova vrsta ribe ima i kraću podrepnu, repnu, prsnu i dvije omanje trbušne peraje. Na njušci, u preorbitalnom i interorbitalnom dijelu glave, nema ljuski dok ih se postrance nalazi 75 – 85. Leđa su joj plavkastosiva sa srebrnkastim nijansama i tankim uzdužnim sivim prugama. Između očiju su smještene šire pruge crne i zlatne boje.

Skapularna je regija crne boje, a ovaj kolorit proteže se sve do gornjeg dijela škržnog poklopca čiji je rub crvenkast. Najveća duljina jednog primjerka jest 70 cm, no obično je duga 20 do 50 cm. Težina može doseći desetak kilograma.



Komarča (*Sparus aurata*)

Obje vrste su solitarne ili formiraju manja jata. Sedentarne su i uglavnom mesojedne. Hrane se mekušcima, rakovima i drugom ribom.

2. ZDRAVSTVENA ISPRAVNOST SVJEŽE RIBE

2.1. Mikrobiološka kvaliteta svježe ribe

Giuseppe Comi,

Sveučilište u Udinama, Odjel za znanost o hrani



Izlov lubina

2.1.1. Karakteristike mesa lubina i komarče

Kao što je to slučaj sa svim ribljim proizvodima, i meso lubina i komarče lako je pokvarljivo. Čuvanje u hladnjaku najbolji je način skladištenja iako se riblji proizvodi na taj

način mogu očuvati kroz ograničeno vrijeme. Naime, zbog njihovog kemijskoga sastava, niskog udjela vezivnog tkiva (< 2%), niskog aciditeta tkiva (pH 6,5) i obilja proteinskog i neproteinskog dušika najdulji rok trajnosti obiju vrsta je 8 dana pod uvjetom da su pohranjene na temperaturi od 4 °C ili da ih se drži na pahuljastom ledu ili u polistirenskim kutijama ispunjenim pahuljastim ledom.

Svježina ribljih proizvoda, posebice lubina i komarče, utvrđuje se pregledom pri kojemu se koriste vizualne metode navedene u Uredbama Vijeća (EZ) broj 33/99 i 2406/96, kako je prikazano u Tablici 2.1.1. Izgled, tekstura i miris ribe određuju se temeljem vizualnih opažanja pri pregledu proizvoda ili proizvodne serije. Slijedom ovih karakteristika proizvod ili proizvodnu seriju svrstava se u različite kategorije svježine.

Tablica 2.1.1. Ispitivanje svježine

Pregled, vizualno i olfaktorno ispitivanje			
Izgled:	Stanje:	Miris:	Kategorija
kože	mesa	škruga	izuzetna
oka	kralješnice	kože	A
škruga	potrbušnice	trbušne šupljine	B
mesa			nije dopušteno za konzumaciju
boja kralješnice			
organa			

Uredba Vijeća (EZ) broj 853/2004 propisuje provjeru reprezentativne serije lubina i komarče. U Uredbi Vijeća (EZ) broj 2074/2005 izrijeком se navode obveze dionika u prehrambenoj djelatnosti koje se tiču nametnika te definiraju vidljivi nametnici i postupak vizualnoga pregleda. Pregled treba biti vizualni, bez korištenja povećala i uz dobro osvjetljenje primjereno zahtjevima ljudskoga oka. Ukoliko je potrebno, pregled se može obaviti i osvjetljavanjem, tj. pregledom ribljih fileta ili plosnate ribe okrenutih prema izvoru svjetla. Ovisno o vrsti obrade pregled se izvodi na otvorenoj ribi kojoj se pregledava trbušna šupljina, a predmetom pregleda mogu biti i jetra i gonade ukoliko su namijenjene ljudskoj prehrani ili pak fileti.

2.1.2. Kvarenje komarče i lubina

Do kvarenja ribe dolazi vrlo brzo nakon uginuća i to slijedom brojnih procesa. Kvarenje isprva nastaje zbog propadanja tkiva nakon čega se aktiviraju bakterijski enzimi. Posredstvom tkivnih enzima nastaju niskomolekularni kataboliti. Ovako nastali kataboliti, kao i molekule prirodno prisutne u mesu, poput ureje, anserina, karnozina, slobodnih aminokiselina, inozina, riboze, kreatina i trimetilamin oksida (TMAO, prisutnoga samo u morskoj ribi) predstavljaju supstrat primjeren za umnažanje autohtonih mikroorganizama koji se nalaze na ribljoj koži te osobito u crijevima i na



Omamljivanje/usmrćivanje lubina ledom

škrigama. Alohtoni mikroorganizmi pak potječu iz kopnenoga okružja, otpadnih voda ili rijeka. Do zagađenja egzogenim bakterijama može doći i posredstvom čovjeka tijekom rukovanja ribom na brodskim palubama, vađenja ribe iz uzgojnih kaveza ili njezine obrade. Razina zagađenja usko je povezana s različitim čimbenicima poput okoliša u kojemu riba obitava, ribolovne sezone, temperature vode, načina izlova i načina rukovanja na palubi plovila, tijekom obrade u tvornicama, ali i tijekom čuvanja i prodaje. Mišićno tkivo je izvorno sterilno, a naknadno se zagađuje pri vađenju utrobe ili filetiranju ili transformacijom izazvanom mikroorganizmima iz ribljih crijeva, na škrigama i koži. Ista oprema korištena pri rukovanju i loša higijena okoliša predstavljaju važan izvor zagađenja. Stupanj ovakvog zagađenja varira i na koži ribe se otprilike kreće u rasponu od 10^3 do 10^5 kolonija po kvadratnome centimetru (CFU/cm^2 =broj kolonija po cm^3), a u mišićima u rasponu od 10^3 do 10^7 CFU/cm^2 . Lubin i komarča poglavito su kontaminirani aerobnim ili anaerobnim Gram-negativnim bakterijama kao što su *Pseudomonas*, *Moraxella/Acinetobacter*, *Shewanella* spp., *Proteus* spp., *Aeromonas* spp., *Flavobacterium/Cytophaga*, *Xanthomonas*, *Vibrio marini*, *Photobacterium* i Gram-pozitivnim bakterijama poput *Corynebacterium*, *Micrococcus* i drugih

koka i laktobacila, kako je prikazano u Tablici 2.1.2. Gram-negativne bakterije čine 80 % ukupne mikrobne populacije, a ta se populacija osobito može promijeniti ovisno o temperaturi vode. Pri temperaturama nižim od 12 °C postoji jasna razlika između mikroorganizama koji naseljavaju kožu i uglavnom su Gram-negativni i onih koji naseljavaju crijeva i koji su Gram-pozitivni (koliformne bakterije, *Clostridium*, *Bacillus*). U svakom slučaju riječ je o psihotropnim nepatogenim mikroorganizmima koji su u pravilu odgovorni za senzoričke promjene i posljedično kvarenje obiju ribljih vrsta. Mikrobna populacija koja u ribu dospijeva iz okoliša poglavito se sastoji od enterovirusa (virus hepatitisa A), kvasaca, plijesni i patogenih bakterija kao što su *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Vibrio cholerae*, *V. fluvialis*, *V. paraemoliticus*, *V. alginolyticus*, *V. vulnificus*, enterotoksikogena *E. coli*, enterotoksični sojevi *Staphylococcus aureus*-a, *Bacillus cereus* i *Clostridium botulinum*. Ova mikrobna populacija uključuje i mikroorganizme koji uzrokuju kvarenje poput *Pseudomonas* spp. i enterobakterija (*E. coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella* spp.). Njihova je koncentracija izravno ovisna o stupnju zagađenja vode i raste u proljetnim i ljetnim mjesecima kada se zbog intenzivnijih turističkih aktivnosti povećava količina otpada u urbanim sredinama.

Tablica 2.1.2. Popis bakterija, uzročnika kvarenja ribe u koju dospijevaju iz okoliša

Mikroorganizmi	Podrijetlo	Aktivnost
<i>Pseudomonas</i>	O	K
<i>Shewanella</i>	O	K
<i>Moraxella/Acinetobacter</i>	O	K
<i>Photobacterium</i>	O	K
<i>Aeromonas</i>	O	K/U
<i>Vibrio</i>	O/A	K/U
<i>Salmonella</i>	A/Ž	K/U
<i>Listeria monocytogenes</i>	A/Ž	U
<i>Escherichia coli</i>	U/Ž	K/U
<i>Bacillus</i>	O	K
<i>Clostridium</i>	O	K/U
<i>Staphylococcus aureus</i>	A/Ž	U
Enterovirusi	A	U

Legenda: A: antropogeno; Ž: životinjsko; O: iz okoliša; K: kvarenje; U: uzročnik bolesti

Uzročnici bolesti mogu potjecati od izravne antropogene kontaminacije tijekom rukovanja ribom. Tijekom pohrane, *Pseudomonas*, *Shewanella* i *Photobacterium*, *Moraxellae/Acinetobacter* i *Flavobacterium* mogu unutar 10 – 12 dana doseći koncentracije od 10⁸ do 10⁹ CFU/g, razgraditi sumporne aminokiseline (cistein, metionin) i proizvesti molekule redovito odgovorne za kvarenje, kao što su sumporovodik, dimetil sulfid i metil merkaptan.



Sortiranje i pakiranje komarče

Općenito govoreći, kvarenje ribljih proizvoda odvija se u dvije faze:

1. Prva faza je autolitička i posredovana endogenim enzimima čime se supstrat predodređuje za umnažanje bakterija.
2. Druga faza je tipična za kontaminaciju bakterijama; u ovom slučaju pospešenu vlažnošću mesa i visokom pH vrijednosti. Ova faza nastupa brže nego u mesu sisavaca. Anaerobna glikoliza koja započinje uginućem životinje rezultira stvaranjem mliječne kiseline koja pH ne snižava ispod 5,8. Nakon anaerobne glikolize aktiviraju se endogeni enzimi i crijevne proteaze što dovodi do omekšavanja tkiva, hidrolize bjelancevina i nukleinskih kiselina te oksidacije spojeva koji sadrže neproteinski dušik. Taj isti ATP razgrađuje se do mokraćne kiseline (ATP -adenozin trifosfat » ADP -adenozin difosfat » AMP -adenozin monofosfat » IMP -inozin monofosfat » inozin » hipoksantin i ksantin » mokraćna kiselina). Brzina kvarenja ovisi o ribljem proizvodu. Dok IMP ribi daje svježi miris, hipoksantin joj daje miris ustajalosti. Gore navedeno rezultira stvaranjem peptida kratkih lanaca, aminokiselina i drugih molekula koje sadrže neproteinski dušik koje se potom, zahvaljujući aktivnosti bakterija, transformiraju u sumporne spojeve i amonijak. Tijekom procesa kvarenja razgrađuju se i fosfolipidi, kako posredstvom endogenih, tako i bakterijskih lipaza i potom transformiraju u slobodne masne kiseline.

Čak i pri pohrani na vrlo niskoj temperaturi i bakterijski i endogeni enzimi mogu razgraditi TMAO (trimetilamin oksid) sadržan u mišićju ribe, slijedom čega nastaje TMA (trimetilamin). Kada razina kisika u mišićima padne, brojne bakterije odgovorne za kvarenje koriste TMAO kao terminalnog primatelja vodika, što im omogućuje da rastu i u anoksičnim uvjetima (Ashie i sur., 1996.).



Mikrobiološke analize ribe

Pseudomonas spp. i *Shewanella putrefaciens* primjeri su bakterija koje TMAO transformiraju u TMA (trimetilamin), DMA (dimetilamin) i FA (formaldehid). Činjenica je da *Shewanella putrefaciens* i *Shewanella baltica* TMAO koriste kao anaerobnog primatelja elektrona, kako je to navedeno u Tablici 2.1.3. Bakterije mliječne kiseline i mikrokoki, koji ponajprije rastu na ugljikovodičnim supstratima, proizvode mliječnu kiselinu, octenu kiselinu, etanol, sumporovodik, tiole, merkaptane, dimetil sulfide i indole koji su listom odgovorni za zaudaranje ribljega mesa na mokraću. Miris pokvarene ribe rezultat je i prisutnosti aminovalerične kiseline, aminovaleričnog aldehida i piperidina. *Hafnia alvei*, *Proteus* spp., *Pseudomonas* spp., *Shewanella putrefaciens* i *Morganella morganii* mogu dovesti do dekarboksilacije aminokiselina i nastanka biogenih amina. Biogene amine se naročito može naći u plavoj ribi (tuni, skuši, itd.) i to stoga što su u njezinu tamnom mišićju prisutne visoke koncentracije slobodnih aminokiselina. Histamin, putrescin i kadaverin glavni su biogeni amini prisutni u tamnom mišićju. Oni predstavljaju rizik za potrošača stoga što pri koncentracijama višim od 400 mg/kg djeluju toksično.

Tablica 2.1.3. Mikroorganizmi odgovorni za kvarenje, predšasnici i metaboliti

Specifični mikroorganizmi odgovorni za kvarenje	Predšasnici	Finalni proizvodi
<i>Shewanella putrefaciens</i>	TMAO – aminokiseline ATP-bjelančevine	TMA, H ₂ S, CH ₃ SH, (CH ₃) ₂ S, hipoksantin
<i>Photobacterium phosphoreum</i>	TMAO- ATP	TMA, hipoksantin
<i>Pseudomonas spp.</i>	aminokiseline, alkoholi, organske kiseline- lipidi	ketoni, aldehidi, esteri, sumporni spojevi-H ₂ S
<i>Vibrionaceae</i>	TMAO – aminokiseline	TMA, H ₂ S
<i>Hafnia/Proteus/Pseudomonas/ Shewanella</i>	aminokiseline	biogeni amini- histamin

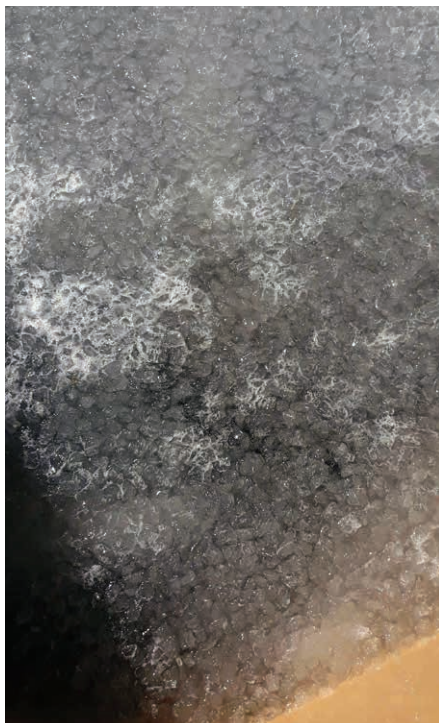
Legenda: TMAO (trimetilamin oksid); TMA (trimetilamin); H₂S (sumporovodik); CH₃SH (metanetil); (CH₃)₂S (dimetil sulfid); ATP (adenozin trifosfat)

Lubin i komarča pakirani u modificiranim atmosferskim uvjetima (MAP; od eng. *Modified Atmosphere Packaging*) ili vakimirani i pohranjeni na temperaturi od 4 °C mogu se pokvariti zahvaljujući djelovanju prethodno opisanih uzročnika (*Shewanella spp.*), kao i djelovanju mikroaerofilnih mikroorganizama kakvi su *Lactobacillus spp.*, *Pediococcus pentosaceus*, *Micrococcaceae* i *Brochothrix thermosphacta*. Njihova aktivnost očituje se stvaranjem sumpornih ili amonijevih spojeva, neznatnim zakiseljenjem supstrata i pojavom bjelkaste patine.

Mikrobiološke analize svježe ribe usmjerene su na identifikaciju patogenih mikroorganizama kao što su *L. monocytogenes*, *Salmonella* i *E. coli*. Pripadnici roda *Salmonella* ne smiju biti prisutni u 25 g uzorka. U Uredbi Vijeća (EZ) broj 2073/05 navodi se kriterij prihvatljive razine histamina u ribi. Analizu treba provesti u 9 jedinica uzorka (U.C. od eng. *Unit Cell*), a ribu se smatra prihvatljivom ukoliko koncentracija histamina u 7 jedinica ne prelazi 100 mg/kg, a u dvije se kreće u rasponu od 100 do 200 mg/kg. Međutim, u komarči i lubinu se spomenute biogene amine ne nalazi.

Unatoč velikome broju patogenih mikroorganizama i mikroorganizama odgovornih za kvarenje koji se mogu naći u ribljim proizvodima, stvarnu opasnost za potrošača predstavljaju hotimice ili nehotice dodane molekule, algalni biotoksini i paraziti koji su postali sveprisutni i koje se može naći kako u ribi iz ulova, tako i u ribi iz uzgoja diljem svijeta. Dok paraziti (*Anisakis simplex*) predstavljaju opasnost pri konzumaciji sirove ili slabo termički obrađene ribe, algalni biotoksini odgovorni za paralitički (PSP; od eng. *Paralytic Shellfish Poisoning*), amnezički (ASP; od eng. *Amnesic Shellfish Poisoning*) i dijarealni oblik otrovanja školjkašima (DSP; od eng. *Diarrheic Shellfish Poisoning*) te kontaminaciju teškim metalima pri koncentracijama koje odgovaraju najvišim dopuštenim razinama izlaganja (MEL; od eng. *Maximum Exposure Limits*) valja smatrati novonastalim ugrozama. Njihova prisutnost u ribi regulirana je Uredbama Komisije (EZ) broj 853/04 (Granične vrijednosti biotoksina) i 1881/06 (Granične vrijednosti dopustive kontaminacije teškim metalima).

2.1.3. Razmatranje zdravstvene ispravnosti lubina i komarče



Smjesa leda i vode kojom se omamljuje ribu kod izlova

Lubina i komarču iz uzgoja smatra se izuzetno sigurnima za konzumaciju iz sljedećih razloga:

- 1) higijenska kvaliteta provjerava se u svakoj fazi njihove proizvodnje
- 2) HACCP sustav primjenjuje se u svakoj fazi njihove proizvodnje, dakle tijekom uzgoja, izlova, usmrćivanja i otpreme

Tijekom proizvodnih ciklusa primjena HACCP sustava podrazumijeva i redovite kontrole brojnih i raznolikih parametara:

1. kontrolu riblje hrane (u smislu provjere prisutnosti patogenih mikroorganizama i toksičnih kemikalija te genetički modificiranih organizama - GMO)
2. higijensko-sanitarnu kontrolu morskoga okoliša, odnosno morske zone u kojoj su smješteni kavezi za uzgoj ribe. Posebnu pozornost pridaje se kontroli:
 - a) otpadnih voda podrijetlom iz urbanih sredina i industrijskih postrojenja; uzgajalište ribe valja smjestiti u zonu koja nije izrazito urbana ili pak otpadne vode prije ispuštanja u more valja pročistiti;
 - b) vode u smislu provjere prisutnosti patogenih mikroorganizama antropogenog i/ili životinjskog podrijetla;

- c) prisutnosti teških metala, pesticida i drugih molekula toksičnih za ljude i životinje;
- 3. kontrolu kvalitete riblje hrane i uravnoteženosti riblje prehrane u cilju prevencije stresa kod uzgajanih životinja i njihovog posljedičnog obolijevanja;
- 4) kontrolu uporabe antibiotika – izlov ne smije uslijediti prije negoli se antibiotik u potpunosti eliminira iz organizma ribe;
- 5) cijepljenje protiv najpatogenijih uzročnika bolesti (gdje god je to moguće);
- 6) pridržavanje načela dobre proizvođačke prakse u akvakulturi, što uključuje i kontrolirano vađenje/izlov ribe u smislu:
 - a) uporabe čiste i dezinficirane opreme;
 - b) rukovanja ribom tijekom izlova na način da se izbjegne stres i spriječi širenje crijevnih parazita u mišićje;
 - c) vađenja utrobe (ukoliko je to potrebno) na način da se izbjegne curenje fekalnog materijala i kontaminaciju ribe;
 - d) pranja svake pojedine ribe slatkom ili čistom morskom vodom;
- 7) kontrolirano pakiranje u kašete ili kutije od stiropora, u smislu:
 - a) uporabe čistih i dezinficiranih spremnika;
 - b) korištenja pahuljastog leda nastalog smrzavanjem slatke ili morske vode;
- 8) kontroliranu otpremu, u smislu:
 - a) kontrole temperature spremnika;
 - b) dostave na prodajno mjesto u roku od 24 sata.

Zahvaljujući kontroli tijekom svih gore navedenih faza u konačnici dobivamo zdrav proizvod o čemu svjedoče sljedeći podaci istraživanja.

2.1.4. Primjer rezultata analiza koje je potrebno provesti da bi se potvrdilo visoku higijensku kvalitetu lubina i komarče iz uzgoja

Analizirani su uzorci evisceriranoga lubina i komarče. Analizirani lubin težio je oko 474 – 578 g, dok je komarča težila 404 – 440 g. Uzorci obiju vrsta vakumirani su i pohranjeni na temperaturi od 4 ± 2 °C kroz 12 dana. Pri vakumiranju je korišten uređaj za vakumiranje Orved VM53 (Italija). Nultoga, 3., 6., 9. i 12. dana pohrane tri uzorka podvrgnuta su mikrobiološkoj i fizikalno-kemijskoj analizi radi utvrđivanja stupnja vlažnosti, pH-vrijednosti, ukupnoga hlapivoga baznoga dušika (TVB-N; od eng. *Total Volatile Basic Nitrogen*), tvari koje reagiraju s tiobarbiturnom kiselinom (TBARS; od eng. *Thiobarbituric Acid-Reactive Substances*), markera peroksidacije lipida i stupnja užeglosti. Rezultati su prikazani u Tablicama 2.1.4., 2.1.5., 2.1.6. i 2.1.7.

Tablica 2.1.4. Mikroorganizmi utvrđeni u evisceriranom lubinu, vakumiranom i pohranjenom na temperaturi od 4 ± 2 °C

Mikroorganizam	Vrijeme (iskazano u danima)				
	0.	3.	6.	9.	12.
Ukupan broj živih mikroorganizama	$3,7 \pm 1,2^a$	$5,7 \pm 0,4^b$	$6,0 \pm 0,2^b$	$7,4 \pm 0,1^c$	$8,0 \pm 0,4^d$
<i>Enterobakterije</i>	$1,4 \pm 0,1^a$	$3,5 \pm 0,3^b$	$3,8 \pm 0,3^b$	$4,3 \pm 0,6^b$	$5,8 \pm 0,1^c$
<i>Pseudomonas</i> spp.	$2,4 \pm 0,7^a$	$2,0 \pm 0,2^a$	$2,0 \pm 0,3^a$	$2,1 \pm 0,1^a$	$2,2 \pm 0,1^a$
<i>E. coli</i>	$< 10^a$	$2,7 \pm 0,2^b$	$2,9 \pm 0,1^b$	$< 10^a$	$3,6 \pm 0,6^c$
Ukupan broj koliformnih bakterija	$1,6 \pm 0,1^a$	$3,5 \pm 0,1^b$	$3,3 \pm 0,2^b$	$3,5 \pm 0,1^b$	$5,1 \pm 0,2^c$
<i>Clostridium</i> H ₂ S+	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Bakterije mliječne kiseline	$< 10^a$	$3,7 \pm 0,4^b$	$4,7 \pm 0,2^c$	$6,0 \pm 0,3^d$	$6,1 \pm 0,7^d$
Enterokoki	$< 10^a$	$< 10^a$	$< 10^a$	$2,9 \pm 0,3^b$	$3,4 \pm 0,7^b$

Legenda: Podaci predstavljaju srednje vrijednosti \pm standardne devijacije koje se odnose na ukupan broj uzoraka; srednje vrijednosti u istome retku koje su (nakon numeričke vrijednosti) označene istim slovom statistički se značajno ne razlikuju ($P < 0,05$) (rečeno vrijedi za svaki pojedini ispitivani parametar). Na svakom mjestu uzorkovanja analize triju različitih uzoraka provedene su u triplikatu. Zapis podataka (data log) CFU/g; < 10 CFU/g.

U Tablici 2.1.4. prikazani su rezultati mikrobiološke analize lubina pohranjenoga na temperaturi od 4 ± 2 °C i "sudbina" pojedinih vrsta mikroorganizama. Tijekom pohrane porasli su svi mikroorganizmi osim *Pseudomonas* spp. Očekivano, rast psihotropnih bio je intenzivniji negoli rast mezofilnih sojeva. Ukupan broj živih mikroorganizama premašio je 8 log CFU/g dok je onaj sojeva enterobakterija te ukupan broj koliformnih bakterija dosegao gotovo 6 log CFU/g. Činilo se da je porasla i *E. coli*, no kako je riječ o mezofilnom soju, moguće je, ovisno o uzorku, da stvarnog rasta zapravo i nije bilo. Uz navedeno, porasle su i bakterije mliječne kiseline te enterokoki, pri čemu je moguće da je njihov rast stimulirao vakuum. Upravo suprotno, rast *Pseudomonas* spp. nije bio stimuliran vakuumom s obzirom na to da se radi o gotovo aerobnom mikroorganizmu.



Vakumirani lubin

U Tablici 2.1.5. statistički značaj uočenoga rasta pojedinih vrsta mikroorganizama označen je različitim slovima (a, b, c, d). Vrijednosti označene različitim slovima statistički se značajno razlikuju što znači da je rast mikroorganizama bio stvaran. Spomenuti rast potvrđen je porastom vrijednosti TVB-N koja je dosegla otprilike 39 mg N/100 g kako je navedeno u Tablici 2.1.5.

Tablica 2.1.5. Rezultati fizikalno-kemijske analize evisceriranoga lubina, vakumiranoga i pohranjenoga na temperaturi od 4 ± 2 °C

Parametar	Vrijeme (iskazano u danima)				
	0.	3.	6.	9.	12.
Vlažnost	79,5 ± 0,3 ^a	77,6 ± 0,9 ^b	76,3 ± 0,9 ^b	77,2 ± 2,0 ^b	76,6 ± 0,8 ^b
pH	6,16 ± 0,03 ^a	6,03 ± 0,09 ^a	6,06 ± 0,07 ^a	5,91 ± 0,01 ^a	6,03 ± 0,04 ^a
TVB-N	12,9 ± 0,3 ^a	11,0 ± 3,5 ^a	21,0 ± 0,9 ^b	31,5 ± 1,3 ^c	39,0 ± 1,2 ^d
TBARS	1,6 ± 1,2 ^a	2,4 ± 1,2 ^a	2,8 ± 0,5 ^a	2,4 ± 0,6 ^a	2,6 ± 0,3 ^a

Legenda: Vlažnost %, TVB-N – ukupan hlapivi bazni dušik mg N/100g; TBARS: nmol malonalhidida/g. Podaci predstavljaju srednje vrijednosti ± standardne devijacije koje se odnose na ukupan broj uzoraka; srednje vrijednosti u istome retku koje su (nakon numeričke vrijednosti) označene istim slovom statistički se značajno ne razlikuju ($P < 0,05$) (rečeno vrijedi za svaki pojedini ispitivani parametar). Na svakom mjestu uzorkovanja analize triju različitih uzoraka provedene su u triplicatu.

Ova vrijednost ukazuje na to da je 12. dana pohrane kvarenje tek započelo i neznatno premašuje graničnu vrijednost propisanu Uredbama Komisije (EK) broj 853/2004 i broj 854/2004 koja iznosi 35 mg N/100g. Došlo je i do promjene vrijednosti TBARS i pH, no ove se promjene nije moglo smatrati suštinskim (Tablica 2.1.5), već je moguće da su ovisile o uzorcima koji su u svakom analitičkom terminu bili drugačiji. U ovom je slučaju u Tablici 2.1.6. statistička značajnost podataka prikazana korištenjem različitih slova (a, b, c, d). Vrijednosti označene različitim slovima statistički se značajno razlikuju i pokazuju da posredstvom mikroorganizama dolazi do porasta metabolita koji ukazuju na početno kvarenje ribe. *L. monocytogenes* i *Salmonella* spp. nikada nisu nađene niti u jednom uzorku. Bez obzira na "sudbinu" mikroorganizama i TVB-N vrijednosti proizvođa u konačnici treba smatrati prihvatljivima s obzirom na to da se nije razvio nikakav neugodan miris.

U Tablici 2.1.6 prikazani su rezultati mikrobiološke analize komarče pohranjene na temperaturi od 4 ± 2 °C i "sudbina" pojedinih vrsta mikroorganizama. I u ovom su slučaju u pohranjenim uzorcima porasli svi mikroorganizmi osim *Pseudomonas* spp. Očekivano, rast psihotropnih bio je intenzivniji nego rast mezofilnih sojeva. Ukupan broj živih mikroorganizama premašio je 8 log CFU/g, a broj enterobakterija te ukupan broj koliformnih bakterija 5 log CFU/g. Uz to se činilo da je porasla i *E. coli*, no kako je riječ o mezofilnom soju, moguće je, ovisno o uzorku, da stvarnog rasta zapravo i nije bilo. Porasle su i bakterije mliječne kiseline te enterokoki pri čemu je moguće da je njihov rast stimulirao vakuum.

Tablica 2.1.6. Mikroorganizmi utvrđeni u komarči, vakumiranoj i pohranjenoj na temperaturi od $4 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$

Mikroorganizam	Vrijeme (iskazano u danima)				
	0.	3.	6.	9.	12.
Ukupan broj živih mikroorganizama	$2,3 \pm 0,1^a$	$2,3 \pm 0,2^a$	$4,5 \pm 1,5^a$	$5,4 \pm 0,2^a$	$5,5 \pm 0,9^a$
<i>Enterobacteriaceae</i>	$2,1 \pm 0,3^a$	$2,0 \pm 0,1^a$	$2,6 \pm 0,3^a$	$2,3 \pm 0,1^a$	$4,9 \pm 0,4^a$
<i>Pseudomonas spp.</i>	$< 10^a$	$< 10^a$	$2,1 \pm 0,1^a$	$2,2 \pm 0,3^a$	$2,1 \pm 1,1^a$
<i>E. coli</i>	$< 10^a$	$< 10^a$	$1,9 \pm 0,8^a$	$2,0 \pm 0,9^a$	$4,5 \pm 0,8^a$
Ukupan broj koliformnih bakterija	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
<i>Clostridium H₂S+</i>	$< 102^a$	$< 102^a$	$2,4 \pm 0,7^a$	$2,0 \pm 0,1^a$	$5,5 \pm 0,4^a$
Bakterije mliječne kiseline	$< 102^a$	$< 102^a$	$2,0 \pm 0,1^a$	$2,0 \pm 0,2^a$	$2,0 \pm 0,1^a$
<i>Enterococci</i>	$2,3 \pm 0,1^a$	$2,3 \pm 0,2^a$	$4,5 \pm 1,5^a$	$5,4 \pm 0,2^a$	$5,5 \pm 0,9^a$

Legenda: Podaci predstavljaju srednje vrijednosti \pm standardne devijacije koje se odnose na ukupan broj uzoraka; srednje vrijednosti u istome retku koje su (nakon numeričke vrijednosti) označene istim slovom statistički se značajno ne razlikuju ($P < 0,05$) (rečeno vrijedi za svaki pojedini ispitivani parametar). Na svakom mjestu uzorkovanja analize triju različitih uzoraka provedene su u triplikatu. Data log CFU/g; < 10 CFU/g.

Upravo suprotno, rast *Pseudomonas spp.* nije bio stimuliran vakuumom s obzirom na to da se radi o gotovo aerobnom mikroorganizmu. U Tablici 2.1.7. statistički značaj uočenoga rasta pojedinih vrsta mikroorganizama označen je različitim slovima (a, b, c, d). Vrijednosti označene različitim slovima statistički se značajno razlikuju što znači da je rast mikroorganizama bio stvaran.

Spomenuti rast potvrđen je porastom vrijednosti TVB-N koja je dosegla otprilike 35 mg N/100 g, kako je navedeno u Tablici 2.1.7

Tablica 2.1.7. Rezultati fizikalno-kemijske analize eviscerirane komarče, vakumirane i pohranjene na temperaturi od $4 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$

Parametar	Vrijeme (iskazano u danima)				
	0.	3.	6.	9.	12.
Vlažnost	$75,3 \pm 0,1^a$	$75,6 \pm 0,3^a$	$76,1 \pm 0,2^b$	$76,2 \pm 0,3^b$	$76,0 \pm 0,2^b$
pH	$6,1 \pm 0,1^a$	$6,0 \pm 0,1^a$	$6,1 \pm 0,1^a$	$5,9 \pm 0,0^a$	$6,0 \pm 0,1^a$
TVB-N	$12,3 \pm 0,2^a$	$11,3 \pm 1,5^a$	$22,0 \pm 0,3^b$	$33,2 \pm 0,3^c$	$35,0 \pm 11,2^d$
TBARS	$1,2 \pm 0,8^a$	$2,2 \pm 0,9^a$	$2,4 \pm 0,3^a$	$2,6 \pm 0,3^a$	$2,7 \pm 0,2^a$

Legenda: Vlažnost %, TVB-N – ukupan hlapivi bazni dušik mg N/100g; TBARS: nmol malonalhidida/g. Podaci predstavljaju srednje vrijednosti \pm standardne devijacije koje se odnose na ukupan broj uzoraka; srednje vrijednosti u istome retku koje su (nakon numeričke vrijednosti) označene istim slovom statistički se značajno ne razlikuju ($P < 0,05$) (rečeno vrijedi za svaki pojedini ispitivani parametar). Na svakom mjestu uzorkovanja analize triju različitih uzoraka provedene su u triplikatu.

Ova vrijednost ukazuje na to da je kvarenje započelo, no prema odredbama Uredbi Komisije (EK) broj 853/2004 i broj 854/2004 proizvod se može smatrati prihvatljivim imajući u vidu da je propisana granična vrijednost 35 mg N/100g. Došlo je i do promjene vrijednosti TBARS i pH, no ove promjene nije se moglo smatrati suštinskim, već je moguće da su one ovisile o uzorcima koji su u svakom analitičkom terminu bili drugačiji. *L. monocytogenes* i *Salmonella* spp. nikada nisu nađene ni u jednom uzorku. Bez obzira na "sudbinu" mikroorganizama i TVB-N vrijednosti proizvode u konačnici treba smatrati prihvatljivima s obzirom na to da se nije razvio nikakav neugodan miris.



Europski lubin spreman za prodaju

2.1.5. Zdravstvena ispravnost ribe

Moguće je zaključiti da su lubin i komarča iz uzgoja visoke higijenske kvalitete te slijedom navedenog sigurni za konzumaciju u ljudi.

Kada potrošači kupuju svježe ribe, prvenstveno vrednuju njihova senzorička svojstva, odnosno njihov izgled, stanje mesa i miris. Međutim, proizvođači i supermarketi provjeravaju kvalitetu i mikrobiološkom i fizikalno-kemijskom analizom, a rezultati potvrđuju zdravstvenu ispravnost i ukupnu kvalitetu ribe. Rezultate analize valja usporediti s niže navedenim vrijednostima. Kako je navedeno u Tablici 2.1.8., ukupan broj živih mikroorganizama mora biti manji od 8 log CFU/g proizvoda, a pri isteku roka valjanosti mikroorganizama koji mogu izazvati kvarenje ribe mora biti manje od 3-4 log CFU/g. Nadalje, zdravstvenu ispravnost i svježinu ribe valja vrednovati temeljem molekula koje bakterije proizvode tijekom čuvanja, posebice na način da se odredi ukupan hlapivi dušik (TVB-N) i indeks užglosti (TBARS). Kada je riječ o svježoj ribi, TVB-N ne smije premašiti 35 mg N/100 g proizvoda, a TBARS 5 nmol malonaldehida/g proizvoda.

Tablica 2.1.8. Popis pokazatelja kvalitete ribe

Pokazatelji	Log CFU/g
Ukupan broj živih mikroorganizama	< 8,0
<i>Enterobacteriaceae</i>	< 4,0
<i>Pseudomonas spp.</i>	< 2,0
<i>E. coli</i>	< 2,0
Ukupan broj koliformnih bakterija	< 4,0
<i>Clostridium H₂S+</i>	< 10
Bakterije mliječne kiseline	< 4,0
TVB-N	< 35 mg N/100 g
TBARS	nmol malonalhida/g

Riba mora ostati zdravstveno ispravna od uzgoja pa sve do konzumacije. Proizvođači, prodavači i potrošači moraju s ribom postupati na način kojim bi se svaki rizik po zdravlje sveo na najmanju moguću mjeru.

Pravilno rukovanje i pravilno čuvanje od ključnog su značaja za smanjenje rizika od pojave alimentarnih bolesti i osiguranje kvalitete proizvoda. Kako patogeni mikroorganizmi na ribi nisu vidljivi izvana, proizvođači s ribom moraju postupati oprezno, kao da su mikroorganizmi uistinu na njoj. Različiti mikroorganizmi kao što su *Salmonella* i *E. coli* ponekad su prisutni na ribi i mogu uzrokovati alimentarne bolesti. Rukovanje ribom od presudne je važnosti; različite faze tog rukovanja opisane su u HACCP sustavu i valja ih primjenjivati ovim redoslijedom:

Sprječavanje kontaminacije. Nakon izlova, za sprječavanje kontaminacije, ključan je čisti radni okoliš. Prije i nakon rukovanja sirovom ribom ruke valja temeljito oprati. Svi uređaji i sve potrepštine i pomoćni pribor treba oprati sapunom i dezinficirati. Prljavi pomoćni pribor se ne smije koristiti. Tijekom rada sve potrepštine i sav pomoćni pribor mora se učestalo prati i dezinficirati kako bi se spriječilo unakrsnu kontaminaciju.

Pohrana. Nakon usmrćivanja ribu se brzo eviscerira i opere svježom slatkom vodom. Temeljitim pranjem mikroorganizme je moguće eliminirati do razine od 0,5 log CFU/g. Ribu potom valja ohladiti na temperaturu od 4 °C; svježe proizvode (evisceriranu ribu) slaže se u kašete, a između dva sloja riba stavlja se sloj kockica leda. Ribu je moguće i vakimirati u plastičnu ambalažu, zapakirati u tanku plastičnu foliju ("skin" pakiranje) ili pakirati u modificiranim atmosferskim uvjetima. Zapakirane proizvode brzo se otprema na tržište vodeći računa o tome da temperatura na kojoj se riba nalazi neprestance bude niža od 4 °C. U svakom slučaju, rok valjanosti ovih proizvoda ne smije biti dulji od 9 – 12 dana.

Rukovanje ribom na prodajnim mjestima. Svježu ribu treba kupiti neposredno prije napuštanja tržnice ili trgovine kako bi se izbjeglo njezino izlaganje višim temperaturama. Na prodajnim mjestima nezapakiranu ribu valja staviti na led koji treba svakodnevno mijenjati, a još je bolje led zapakirati u plastičnu vrećicu da se

izbjegne curenje. Da bi se očuvalo kvalitetu, ribu treba držati na temperaturi nižoj od 4 °C.

Rukovanje ribom kod kuće. Nakon kupnje ribu treba odnijeti kući što je brže moguće i držati u hladnjaku. Međutim, čak i pri pravilnoj pohrani savjetuje se svježiu ribu pojesti najkasnije dva dana nakon kupnje.

Tijekom kuhanja i serviranja s ribom treba pravilno postupati kako bi se spriječila kontaminacija. Sve korišteno posuđe valja propisno oprati i dezinficirati te zamijeniti nekorištenim.

Ribu treba pripremati dovoljno dugo i na dovoljno visokoj temperaturi tako da temperatura u unutrašnjosti kroz gotovo 5 minuta bude 75 °C. Učini li se tako, svi patogeni mikroorganizmi bit će eliminirani, a proizvod zdravstveno ispravan i siguran za konzumaciju.

Nakon pripreme ribu do konzumacije valja držati na temperaturi višoj od 65 °C. Druga je mogućnost da se pripremljenu ribu ohladi na temperaturu nižu od 4 °C i potom podgrije prije jela. U svakom slučaju, pripremljenu ribu bolje je pojesti u naredna dva dana.

Literatura:

Arechavala-Lopez, P., Fernandez-Jover, D., Black, K.D., Ladoukakis, E., Bayle-Sempere, J. T., Sanchez-Jerez, P., Dempster, T. (2013). Differentiating the wild or farmed origin of Mediterranean fish: a review of tools for sea bream and sea bass. *Reviews in Aquaculture*, 4; 1-21.

Carrascosa, C., Millán, R., Saavedra, P., Jaber, J.R., Raposo, A., Pérez, E., Montenegro, T., Sanjuán, E. (2015). Microbiological evolution of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) in Canary Islands during ice storage. *Journal of Food Science and Technology*, 52; 1586–1593.

Comi, G., Iacumin, L. (2012). Alimenti di origine animale e prodotti ittici. In "Microbiologia degli Alimenti" (Gobetti, G., Vincenzini, M., Farris, G.A., Neviani, E. Eds.). Ambrosiana Editrice, Milano.

Council Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of European Community*, L 364; 5-24

Council Regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. *Official Journal of European Community*, L 38; 1-26

Council Regulation (EC) No 2074/2005 of 5 December 2005 laying down implementing measures for certain products under Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council and for the organisation of official controls under Regulation (EC) No 854/2004 of the European Parliament and of the Council and Regulation (EC) No 882/2004 of the European Parliament and of the Council, derogating from Regulation (EC) No 852/2004 of the European Parliament and of the Council and amending Regulations (EC) No 853/2004 and (EC) No 854/2004. *Official Journal of European Community*, L 338; 27-59

Council Regulation (EC) No 2406/1996 of 26 November 1996 laying down common marketing standards for certain fishery products. *Official Journal of European Community*, L 334; 1-15

Council Regulation (EC) No 853/2004 of 29 April 2004 laying down specific hygiene rules for on the hygiene of foodstuffs. *Official Journal of European Community*, L 139; 55

Council Regulation (EC) No 854/2004 of 29 April 2004 laying down specific rules for the organisation of official controls on products of animal origin intended for human consumption.

Council Regulations (EC) No 33/1999 of 8 January 1999 amending Regulation (EC) No 1485/98 of 10 July 1998 laying down the reduced agricultural components and additional duties applicable from 1 July to 31 December 1998 to the importation into the Community of goods covered by Council Regulation (EC) No 3448/93 under preferential agreements. *Official Journal of European Community*, L 5; 44-54

- Erkan, N. (2007). Sensory, chemical, and microbiological attributes of sea bream (*Sparus Aurata*): effect of washing and ice storage. *International Journal of Food Properties*, 10; 421-434. <http://www.chioggiapesca.it/?pesce=branzino-spigola>
- ISO 11290-1:1996 Adm.1:2004. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection of *Listeria monocytogenes*.
- ISO 6579-1: 2002 Cor.1:2004 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp.
- Ke, P.Y., Cervantes, E., and Robles-Martinez, C. (1984). Determination of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in fish tissue by an improved distillation spectrophotometer method. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35; 1248–1254.
- Pavlidis M. A., Mylonas C. C. (2011). Sparidae: biology and aquaculture of gilthead sea bream and other species. Wiley-Blackwell, U.K. pp. 416-420.
- Pearson, D. (1973). Laboratory Techniques in Food Analysis. Butterworths & Co. Publishers Ltd., London, UK, pp. 169 and 201-202.
- Pennisi, L., Olivieri, V., Vergara, A., Ianieri, A. (2009). Shelf life di *Sparus aurata* confezionata in atmosfera protettiva: correlazione tra parametri sensoriali e microbiologici. *Italian Journal of Food Safety*, 3; 19-22.

2.2. Mogući kemijski zagađivači u ribi

Lucilla Iacumin,

Sveučilište u Udinama, Odjel za znanost o hrani



Automatska hranidba ribe u kavezu

2.2.1. Uvod

Riba može biti kontaminirana reziduama kemikalija podrijetlom iz okoliša u kojemu žive. U Europi je zabilježen veliki broj slučajeva povlačenja ribljih proizvoda s tržišta zbog njihove kontaminiranosti teškim metalima, organskim molekulama (veterinarskim lijekovima, antibioticima, pesticidima) podrijetlom iz okoliša i histaminom mikrobnoga podrijetla iz mikroorganizama. Divlja riba koja živi u priobalju još je zagađenija ovim zagađivačima. S druge pak strane riba iz uzgoja nije toliko kontaminirana zbog primjene strogih načela dobre proizvođačke prakse u akvakulturi te strogih kontrola primjene dozvoljenih i zabranjenih lijekova (npr. kloramfenikola).

Proizvodi ribarstva mogu biti kontaminirani brojnim kemijskim spojevima i tvarima prirodnoga podrijetla prisutnim uslijed zagađenja koje potječe iz urbanih sredina i industrijskih postrojenja ili je rezultat načina uzgoja ribe (Tablica 2.2.1). U glavne kemijske zagađivače koji predstavljaju rizik po ljudsko zdravlje spadaju teški metali (živa, olovo, kadmij), organski organoklorini spojevi i poli-bisfenoli, dioksini, insekticidi, antibiotici korišteni tijekom uzgoja ribe i određeni toksični metaboliti nekih ribljih vrsta. Zagađivači prisutni u vodenom okolišu zbog industrijskih djelatnosti predstavljaju rizik po zdravlje ljudi ukoliko njihova koncentracija u vodenim životinjama dosegne visoke razine i/ili ukoliko je konzumacija ribljih proizvoda dugotrajna. Opasnost koju zagađivači mogu predstavljati po ljudsko zdravlje proizlazi iz njihove sveprisutnosti, postojanosti, toksičnosti i lipofilnosti.

Tablica 2.2.1. Granične vrijednosti nekih kemijskih zagađivača u ribarskim proizvodima (EZ, 2006.; FDA, 1998.; Kanadska agencija za inspekciju hrane, *Canadian Food Inspection Agency*, 2007.)

Tvar	EU (mg/kg)	SAD (mg/kg)	Ribljí proizvod	Kanada (mg/kg)	Riba
Arsen (As)		76 – 86	R - MI	3,5	Ribljí protein
Kadmij (Cd)	0,05 – 1	3 – 4	R - MI		Sva riba
Olovo (Pb)	0,3 – 1,5	1,5 – 1,7	R - MI	0,5	Ribljí protein
Metil-živa	0,5 – 1,0	1,00	Svi	0,5 – 1,0	Sva riba (osim igluna; morskih pasa)

Legenda: R: rakovi; MI: dvoljuštarni mekušci

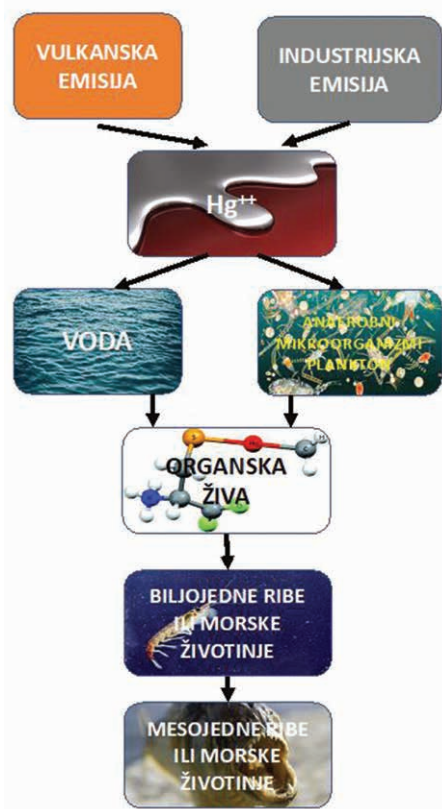
Prisutnost zagađivača u morskim životinjama ovisi o geografskom položaju, životinjskoj vrsti, veličini životinje, vrsti njezine hrane te topivosti i postojanosti određenoga spoja u vodi. Jednom kada toksični zagađivači prodru u okoliš, može doći do njihove biomagnifikacije, tj. koncentriranja na najvišim razinama prehrambenoga lanca i/ili do njihove bioakumulacije, tj. porasta koncentracije odnosnoga spoja u mišićju ili nekom od organa ribe tijekom njezina životnog vijeka. Stare životinje zagađenije su od mladih. No u ljudi je rizik od akutnih patoloških stanja smanjen ili vrlo nizak. Teške bolesti (neurološka oštećenja, karcinom i teratogeni učinci) javljaju se samo pri neprekidnoj izloženosti i to u onim zemljama u kojima se prehrana uglavnom temelji na ribljim proizvodima. Dodatni rizici utvrđeni su u mladim ljudi i djece čija se prehrana temelji na konzumaciji ribljega ulja. Da bi se izbjeglo konzumaciju ribe koja sadrži visoke koncentracije toksičnih kemijskih spojeva, nekoliko međunarodnih povjerenstava zaduženih za zdravstvenu ispravnost ribarskih proizvoda dalo je naputke o korisnim intervencijama koje valja poduzeti u cilju smanjenja rizika pri čemu je posebno naglašena važnost redovitih provjera razine zagađenja vode i kontinuiranoga monitoringa ribljih proizvoda. Uz navedeno predložene su i granične vrijednosti unutar kojih se prisutnost zagađivača u ribi može smatrati prihvatljivom i neopasnom po ljudsko zdravlje. Uredbom Vijeća (EZ) broj 1881/2006, donesenom 19. prosinca 2006. godine, Europska zajednica definirala je najveće dopuštene količine nekih zagađivača u prehrambenim proizvodima. Sukladno tome prilagođene su i granične koncentracije arsena, kadmija, olova i žive u ribi u odnosu na one propisane *Codex Alimentarius*-om, a iznova je naglašena i potreba smanjenja prisutnosti olova u hrani. Ujedno je priznat i privremeni prihvatljivi tjedni unos (PTWI; od eng. *Provisionally Tolerable Weekly Intake*) žive i metil-žive od 1,6 mg/kg tjelesne težine što je važno istaknuti zbog toga što metil-živa čini više od 90 % ukupne žive sadržane u ribi i plodovima mora.

Glavnu skupinu rezidua toksičnih tvari koje se u ljudski organizam prenose konzumacijom ribljih proizvoda čine teški metali, organske molekule (veterinarski lijekovi,

antibiotici, pesticidi) podrijetlom iz okoliša i histamin mikrobnoga podrijetla. U teške metale za koje se pokazalo da predstavljaju stvarni i najveći rizik po ljudsko zdravlje, a nalaze se u ribljim proizvodima, spadaju živa, olovo i kadmij.

2.2.2. Živa

Živa je prisutna u okolišu, a potječe od ljudskih aktivnosti i prirodnih izvora (aktivnosti vulkana). Putem proizvodnih procesa čovjek uzrokuje emisiju žive u atmosferu, tlo, sedimente i morsku vodu. Ove emisije potječu od procesa izgaranja i različitih vidova industrijske proizvodnje (proizvodnih procesa koji uključuju klor-alkalnu elektrolizu, proizvodnje baterija, mjernih instrumenata, katalizatora) ili pak od rudarskih aktivnosti. Konkretno, procjenjuje se da se u atmosferu otpusti oko 40 000 do 50 000, a u



Ciklus žive u prirodi

more 4 000 tona žive godišnje. Kontaminacija nastaje i uslijed vulkanskih erupcija i seizmičkih kretanja te kretanja od ranije prisutnih depozita žive koji mogu biti prirodna i antropogenoga podrijetla.

Elementarna živa toksična je za ljude uslijed gutanja i udisanja, no rizik u punom smislu te riječi predstavlja živa u organskome obliku, dakle metil-živa, kojoj su ljudi

poglavito izloženi. Ova molekula, koju proizvode organizmi koji se razvijaju u tlu ili sedimentima, ulazi u vodene organizme i prenosi se u vodeni prehrambeni lanac uz pojavu bioakumulacije.

Do bioakumulacije žive dolazi u svakom od njezinih oblika (ionskom, metalnom, organskom), no zbog visoke apsorpcije u životinjskim crijevima, uključujući tu i ljudska, najintenzivnija je bioakumulacija organskoga oblika. Životinjska crijeva poglavito apsorbiraju živu u metiliranom obliku (95 %) dok ionski oblik (Hg^{++}) ili živine soli čine samo 2 % ukupno apsorbirane žive. U ribi živa ima tendenciju akumulacije kroz cijeli životni vijek te se slijedom navedenoga najviše koncentracije žive nalaze u ribama grabežljivicama (tuni, morskim psima, iglunu).

Poluvijek metil-žive u ljudskom organizmu iznosi otprilike 60 – 120 dana, a u ribi 2 godine, no njezina je bioakumulacija neprekidna te se njenu razgradnju i potpunu eliminaciju ne uočava čak ni kada se riblje proizvode stavi u vode u kojima ovog spoja nema. Anorganski oblik žive lako je ukloniti, no u moru se on zbog aktivnosti bakterija i planktona brzo metilira. Metil-živa je spoj toksičan za ljude stoga što se veže za SH-skupine (glutacion i bjelančevine) i inaktivira enzime, remeti mitozu, dovodi do kromosomskih aberacija koje rezultiraju oštećenjem stanica i neurona te izaziva demijelinizaciju aksona s posljedičnom parestezijom, nekoordiniranošću, tremorom i epileptičkim napadajima. Kada je riječ o živi, ciljno tkivo je poglavito mozak. Ona je i teratogen, a nakon prolaska kroz placentarnu barijeru može izazvati "mentalnu retardaciju" novorođenčeta i oštećenje ploda. Temeljem ovih saznanja američka Uprava za hranu i lijekove (FDA; od eng. *Food and Drug Administration*) i Agencija za zaštitu okoliša (EPA; od eng. *Environmental Protection Agency*) su 2004. godine izdale jednostavne preporuke namijenjene najrizičnijim populacijskim skupinama pri čemu je istaknuto da žene generativne dobi, trudnice i dojilje te djeca ne smiju konzumirati ribe grabežljivice poput morskog psa, igluna i velike skuše koje mogu sadržavati visoke koncentracije metil-žive. Razina rizika ovisi o kemijskom obliku u kojemu se živa nalazi, unesenoj dozi, putu unosa te dobi i zdravstvenom stanju izložene osobe. Granične vrijednosti žive u ribljim proizvodima prema europskom zakonodavstvu su 1 mg/kg kada je riječ o malobrojnim vrstama i rodovima riba poput najvećih riba grabežljivica te 0,5 mg/kg u drugim ribljim proizvodima. Sadržaj žive u nekoliko ribljih vrsta koje obitavaju u Jadranskom moru bio je niži od najveće dopuštene količine od 0,5 mg/kg. To drugim riječima znači da je sadržaj žive u lubinu i komarči ulovljenim ili uzgojenim na Mediteranu unutar dopustivih granica. Stoga prehrana temeljena na konzumaciji ovih dviju vrsta omogućuje i poštivanje privremenog prihvatljivog tjednog unosa metil-žive (PTWI, koji iznosi 1,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tjelesne težine), utvrđenog 2006. godine od strane Združenog stručnog povjerenstva zaduženog za dodatke prehrani koje su oformile FAO i WHO (JEFCA; od eng. *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*). Ova preporuka bila je potaknuta činjenicom da je u ljudi kao najosjetljivije vrste uočeno neurotoksično djelovanje metil-žive.

2.2.3. Olovo

Olovo je metal koji se zahvaljujući ljudskim aktivnostima poput metalurške industrije i korištenjem olovnog benzina kao pogonskoga goriva proširio diljem svijeta. Prisutno je i u anorganskom i u organskom obliku (tetraalkilno olovo), a njegova koncentracija u morskome mulju, morskoj vodi i ribi ovisi o blizini ispusta iz urbanih sredina i industrijskih postrojenja. Konkretno, u morskoj se vodi njegova koncentracija kreće između 5 i 50 ng/L. U ribljim se proizvodima pretežito nalazi u organskom obliku koji potječe od kontaminacije vode, a procjenjuje se da se njegova koncentracija kreće u rasponu od 5 do 500 µg/kg. Riba ulovljena na "otvorenom" moru sadrži niske koncentracije olova (2-10 µg/kg) dok ona ulovljena na "zatvorenim" morima, kakvo je Sjeverno ili Baltičko more, u pravilu sadrži veće količine olova (20-50 mg/kg). Riba akumulira olovo poglavito u kostima, a u manjoj mjeri i u mekim tkivima, srcu, gonadama i gastrointestinalnom sustavu. Slijedom činjenice da se kosti ribe ne konzumiraju, rizik po zdravlje ljudi je nizak. Opasnost može predstavljati sitna riba koja se konzumira cijela, bez prethodne evisceracije. Uočeno je, međutim, da olovo može isto tako biti prisutno i u mišićju ribe koja obitava u područjima izrazito zagađenim poljoprivrednim ili industrijskim otpadom. Prosječni poluvijek olova iznosi 30 godina u koštanom korteksu i svega 4 – 6 tjedana u mekim tkivima i krvi. U ljudi ga se također nalazi u kosturu (i u njegovom kortikalnom i u njegovom transekularnom dijelu), bubregu, plućima i središnjem živčanom sustavu. Kontinuirana izloženost niskim dozama olova ima kronične učinke poput hipertenzije i kronične bolesti bubrega s povećanim izlučivanjem bjelančevina niske molekularne težine i lizosomalnih enzima putem mokraćne. Djeca čine posebno rizičnu skupinu stoga što je u njih apsorbicija ovoga metala u gastrointestinalnom traktu znatno veća nego odraslih osoba. U ranom djetinjstvu, ali i u starije djece, izloženost olovu remeti razvoj živčanoga sustava i izaziva detektabilne kognitivne deficite, a dolazi i do poremećaja u urinarnom traktu. Stoga aktualna preporuka Centa za kontrolu i prevenciju bolesti (CDC; od eng. *Centre for Disease Control and Prevention*) glasi da granična koncentracija olova kojoj djeca smiju biti izložena iznosi 10 µg/100 mL; iako sigurnosnih pragova nema, naglašena je važnost primarne prevencije izlaganja olovu iz bilo kojeg izvora. Razina olova u krvi utvrđuje se mjerenjem enzimске aktivnosti dehidrataze aminolevulininske kiseline (ALAD; od eng. *Aminolaevulinic Acid Dehydratase*), a u djece ta razina ne smije prelaziti 2,5 µg/100 mL. Što se tiče unosa željeza, JECFA (1999.) je preporučila PTWI od 0,025 mg/kg tjelesne težine. S obzirom na njegove niske koncentracije u hrani olovo ima zanemarive učinke na neurobiheviroistički razvoj djece. Međutim, naglašeno je da valja kontrolirati prisutnost ovoga metala u zraku i okolišu u kojem obitavaju ljudi. Zakonom propisane granične vrijednosti olova u prehrambenim namirnicama koje vrijede na području Europske ekonomske zajednice (EEC; od eng. *European Economic Community*) iskazane su u Uredbi Vijeća (EZ) broj 1881/2006 donesenoj 19. prosinca 2006. godine. Najveće dopuštene koncentracije olova u ribljim proizvodima navedene su u Tablici 2.2.2.

Tablica 2.2.2. Najveće dopuštene koncentracije olova u ribarskim proizvodima

Proizvodi ribarstva	Najveća dopuštena koncentracija (mg/kg mokre težine)
Riblje meso	0,30
Rakovi, osim tamnoga mesa raka, glave i trupa jastoga i sličnih velikih rakova (<i>Nephropidae, Palinuridae</i>)	0,50
Školjkaši	1,5
Glavonošci (eviscerirani)	1,0

Kada je riječ o izloženosti olovu, ribarski proizvodi ne igraju nikakvu značajnu ulogu, što su potvrdili i rezultati nedavno provedenih istraživanja. Prema podacima u znanstvenoj literaturi razine olova u ribljim proizvodima podrijetlom iz Jadranskoga mora u većini su uzoraka niže od granice detekcije (0,005 mg/kg), a najveća utvrđena vrijednost iznosila je 0,03 mg/kg. Ovisno o razdoblju u kojemu se izlov odvijao utvrđene su i veće koncentracije olova (0,045 mg/kg), no dobiveni rezultati potvrđuju da je konzumacija izlovljene ribe i ribe iz uzgoja te ribljih proizvoda u ovom pogledu načelno niskorizična.

2.2.4. Kadmij

Kadmij je jedan od metala najopasnijih za ljudsko zdravlje. Ovaj metal prisutan je u zemljinoj kori zajedno sa cinkom. Ljudi okoliš kontaminiraju rudarenjem (vađenjem cinkove i olovne rudače) i industrijskim aktivnostima (galvanizacijom, proizvodnjom pigmentata, alkalnim akumulatorima i nikal-kadmijevim baterijama, proizvodnjom keramike, graviranjem i tiskanjem, proizvodnjom plastike, zlatarskim radovima).

Kadmij je prisutan u zraku, tlu, vodama industrijskih zona te nekim prehrambenim namirnicama životinjskoga i biljnoga podrijetla, a ima ga i u duhanu. Kontaminira hranu suhom i mokrom depozicijom na usjeve koji rastu u blizini izvora njegove emisije, ali i putem otpadnih voda, fosfatnih gnojiva koja sadrže visoke koncentracije kadmija te putem mulja zaostalog iza obrade otpadnih voda.

Izvor kontaminacije predstavlja i posuđe od glazirane keramike. Međutim, razina kontaminacije hrane je niska; visoke koncentracije kadmija mogu se naći samo u mekušcima i rakovima, čak i kada potonji obitavaju u nezagađenim područjima. Iako je riječ o zagađivaču koji je prisutan tek u novije vrijeme, kadmij je široko rasprostranjen u vodenom okolišu i akumulira se u svim životinjama koje žive u ovakvim ekosustavima. Glavonošci, mekušci i rakovi kadmij napose akumuliraju u visceralnim organima i hepatopankreasu dok se u riba ovaj teški metal akumulira u mišićju. Međutim, razine kadmija u ribljim proizvodima niže su od onih koje se pronalaze u drugim životinjskih vrsta. U Direktivi 2005/87/EZ koja regulira problematiku neželjenih tvari u hrani za životinje navodi se da "akumulacija kadmija u tkivima životinja ovisi o njegovoj koncentraciji u hrani i trajanju izloženosti".

Ljudi kadmij apsorbiraju putem dišnog i gastrointestinalnog trakta i to putem hrane, zraka i vode. Inhalacijska apsorpcija najveća je u radnika zaposlenih u rizičnim granama industrije te pušača. U teških pušača važan izvor kadmija predstavlja duhan. Kronična izloženost kadmiju u ljudi izaziva oštećenje bubrega do kojega dolazi kada koncentracija kadmija u mokrom uzorku kortikalnoga tkiva premaši graničnu vrijednost od 200-240 µg/g. Nadalje, kadmij u ljudi izaziva anemiju, slabost, hipertenziju, poremećaj jetrene funkcije i oštećenje koštanoga tkiva. Karcinogenost kadmija po svemu sudeći valja pripisati inhalaciji putem duhana.

U svakom slučaju, stvarni rizici uočeni su u populacijama koje žive u zagađenim područjima i jednolično se hrane, populacijama koje se hrane iznutricama, populacijama čija je prehrana siromašna mineralima (napose cinkom) te u osoba koje su razvile određena parapsihološka stanja. PTWI iznosi 0,007 mg/kg tjelesne težine (JECFA, 2005.).

Prosječne razine kadmija utvrđene u mediteranskoj ribi smatraju se niskima; kadmij je prisutan u nižim koncentracijama koje se kreću u rasponu od 0,25 do 20,2 g/kg. Najveće dopuštene količine kadmija u ribarskim proizvodima navedene su u Tablici 2.2.3. (Uredba Vijeća (EZ) broj 1881/2006, donesena 19. prosinca 2006. godine).

Tablica 2.2.3. Najveće dopuštene količine kadmija u ribarskim proizvodima

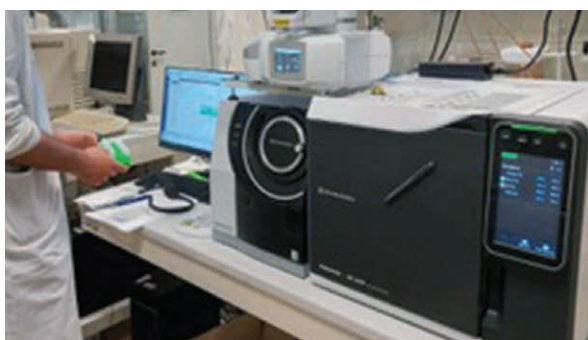
Svježi ribarski proizvodi	Najveće dopuštene količine (mg/kg mokre težine)
Meso	0,050
Meso: incuna (<i>Engraulis species</i>); palamide (<i>Sarda sarda</i>); fratra (<i>Diplodus vulgaris</i>); jegulje (<i>Anguilla anguilla</i>); cipla (<i>Mugil labrosus labrosus</i>); šaruna (<i>Trachurus species</i>); pjevčine pučinke (<i>Luvarus imperialis</i>); sardine (<i>Sardina pilchardus</i>); sardina iz roda Sardinops (<i>Sardinops species</i>); tune (<i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i>); klinastoga lista (<i>Dicologlossa cuneata</i>)	0,10
Meso igluna (<i>Xiphias gladius</i>)	0,30
Rakovi, osim tamnog rakova mesa, glave i trupa jastoga i sličnih velikih rakova (<i>Nephropidae</i> i <i>Palinuridae</i>)	0,50
Školjkaši	1,0
Glavonošci (eviscerirani)	1,0

2.2.5. Pesticidi (fitofarmaceutici)

Pesticidi su spojevi koji se uglavnom koriste u poljoprivredi za uništavanje životinjskih i biljnih štetočina i korova pri čemu se šire okolišem i dovode do njegova zagađenja. Ovi spojevi iz kopnenog ekosustava prodiru u ekosustave slatke i morske vode gdje se u svim jedinkama prehrambenog lanca apsorbiraju i akumuliraju u masnom i mišićnom tkivu te tkivu visceralnih organa. Aktivne sastojke pesticida poput alfa-heksaklo-

rocikloheksana (alfa-BHC-a), gama-BHC malationa, klorpirifosa, izodrina, endosulfana, dieldrina, p, p'- diklorodifeniltrikloroetana (DDT-a), spojeva klordana, aldrina, endrina, izodrina, heptaklor epoksida, t-diklorodifenildikloroetana (t-DDD) i t-diklorodifenildikloroetilena (t-DDE) uvijek je bilo moguće utvrditi iz različitih prehrambenih namirnica pa tako i ribljih proizvoda u koncentracijama koje su varirale u rasponu od 0,1 do 18 µg/kg. U različitim je vodenim ekosustavima uočeno da se ovakvi spojevi najviše akumuliraju u šaranu, rakovima, bakalaru i mekušcima. Čini se da vrsta i koncentracija pesticida koje se nalazi u ribi tijesno korelira s područjem i sezonom izlova. Koncentracija raste sukladno veličini ribe, njezinoj težini, udjelu lipida te ovisno o organima (primjerice u jajnicima) dok mišići nisu toliko kontaminirani. Bioakumulacija DDT-a i njegovih metabolita u jestivim dijelovima ribe nikada ne prelazi najveće dopuštene količine te se bez obzira na dugi poluvijek ove molekule tijekom godina opaža stalno opadanje njene koncentracije.

2.2.6. Dioksini i PCB-i



Analička kontrola toksičnih tvari u tkivu ribe

Nazivom “dioksini” obično se označava skupinu od 75 polikloriranih dibenzo dioksina (PCDD; od eng. *Polychlorinated Dibenzo Dioxin*) i 135 srodnih polikloriranih dibenzofurana (PCDF; od eng. *Polychlorinated Dibenzofuran*) od kojih s toksikološkoga stajališta najveću zabrinutost izaziva 17 gore navedenih spojeva. Poliklorira-

ni bifenili (PCBs; od eng. *Polychlorinated Biphenyl*) (slični dioksinu) čine skupinu od 209 različitih srodnih spojeva od kojih 12 ima toksične učinke slične onima dioksina. Glavni izvori PCDD i PCDF su procesi spaljivanja, primjerice spaljivanje otpada te taljenje i rafiniranje metala dok su se PCB do 1985. godine proizvodili u industrijske svrhe i to za čitav niz namjena (kao primjer navodimo klorofenole koje se koristilo za impregnaciju građevnog drva). Nepredvidivi izvori ovih spojeva su stari transformatori i kondenzatori koji mogu sadržavati nekoliko kilograma PCBa i stotine miligrama PCDD/PCDF. U pokusnih životinja dioksini imaju čitav niz različitih toksičnih i biokemijskih učinaka, no kako se u ove dvije skupine spojeva (dioksine i PCB) ubraja veliki broj srodnih kemijskih spojeva, nemoguće je propisati dopuštene količine za svaku od ovih tvari. Stoga se njihovu toksičnost iskazuje u "toksičnim ekvivalentima" (TEQ; od eng. *Toxic Equivalents*), odnosno kao koncentraciju referentne tvari koja može izazvati iste toksične učinke. Nadalje, kako bi se gore navedenom pridodalo toksičnost različitih srodnih spojeva i olakšalo procjenu rizika i regulatornu kontrolu, uveden je koncept "faktora ekvivalentne toksičnosti" (TEF; od eng. *Toxic Equivalency Factor*). TCCD u životinja ima imunotoksično, teratogeno i karcinogeno djelovanje te ga je Međunarodna agencija za istraživanje raka (IARC; od eng. *International Agency for Research on Cancer*) 1997. godine uvrstila u klasu I (humanih karcinogena). Europska unija je za PCDD-e/PCDF-e propisala prihvatljivi tjedni unos (TWI; od eng. *Tolerable Weekly Intake*) od 14 pg TEQ/kg *per capita*/tjedno (Znanstveni odbor za hranu, 2001.). Kako je toksično djelovanje dioksina, furana i dioksinu sličnih PCB-a u ljudskom organizmu slično, EU je 2006. godine propisala najveće dopuštene zbirne koncentracije rezidua ovih skupina spojeva. Glavni izvor izlaganja ljudi PCB-ima i dioksinima jest izrazito masna hrana. Procjenjuje se da oko 15 % alimentarnoga unosa dioksina i dioksinu sličnih PCB potječe od konzumacije ribe. PCB i dioksini prisutni u ribi ne potječu isključivo iz okoliša, nego također, dapače poglavito, iz kontaminirane komercijalne riblje hrane kojom se hrani ribu iz uzgoja. Na biokoncentraciju organoklorinih spojeva u ribi utječu vrsta, veličina i starost ribe. Čini se, međutim, da koncentracija nije povezana sa sadržajem lipida, već s duljinom i težinom određenoga ribljeg proizvoda, no podaci navedeni u literaturi međusobno se razlikuju ovisno o vrsti ribe o kojoj je riječ i području njezina izlova. Primjerice, prosječne koncentracije PCB nađene u hrani za pastrve kretale su se od 10 µg/kg naniže dok su one nađene u pastrvama i ribi hranjenoj tom hranom iznosile manje od 0,8 µg/kg. Strategije kojima se nastoji smanjiti koncentracije ovih zagađivača čine se učinkovitima. Koncentracije PCDD, PCDF, PCB i DDT utvrđene u hrani za salmonidne ribe pokazale su se značajno nižima od onih navedenih u ranijim publikacijama. Koncentracije dioksina u hrani, uzete kao primjer, navedene su u Tablici 2.2.4. (1881/2006/EZ; odnosi se na dioksine i dioksinu slične PCB). Za organoklorne pesticide koje se koristi za zaštitu bilja (DDT, DDD, klordan, aldrin, dieldrin, lindan, heksaklorobenzen) granične vrijednosti kreću se od 0,001 do 0,1 mg/kg (DM, 27. kolovoz 2004. godine; odnosi se na proizvode za zaštitu bilja).

Tablica 2.2.4. TEQ za dioksine i dioksinu slične PCB (1), propisani Uredbom Komisije (EZ) broj 1881/2006 od 19. prosinca 2006. godine

Riblji proizvodi	Granične vrijednosti	
	Zbirna koncentracija dioksina (OMS-PCDD/F-TEQ) ⁽¹⁾	Zbirna koncentracija dioksina i dioksinu sličnih PCB-a (OMS-PCDD/F-PCBTEQ) ⁽¹⁾
Mišićje ribe i ribarskih proizvoda te njihovih derivata, uz iznimku jegulje ⁽³⁾ . Najviše dopustive razine odnose se na rakove, uz iznimku tamnoga mesa raka i glave te trupa jastoga i sličnih velikih rakova (<i>Nephropidae</i> i <i>Palinuridae</i>).	4,0 pg/g svježe ribe	8,0 pg/g svježe ribe

⁽¹⁾Dioksini [zbirna koncentracija polikloriranih dibenzo-para-dioksina (PCDD) i polikloriranih dibenzofurana (PCDF) iskazana u toksičnim ekvivalentima kojima se rukovodi Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) pomoću WHO-TEF (faktora ekvivalentne toksičnosti)] te zbirna koncentracija dioksina i dioksinu sličnih PCB-a [zbirna koncentracija PCDD, PCDF i polikloriranih bifenila (PCB) iskazana u toksičnim ekvivalentima kojima se rukovodi WHO pomoću WHO-TEF]. WHO-TEF koji se koristi pri procjeni rizika po ljude temeljem zaključaka sastanka SZO održanoga u Štokholmu (Švedska) od 15. do 18. lipnja 1997. [Van den Berg i sur., (1998), Toxic Equivalency Factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for Humans and Wildlife. Environmental Health Perspectives, 106 (12), 775].

⁽²⁾Gornje granične koncentracije: gornje granične koncentracije računaju se pod pretpostavkom da su sve koncentracije različitih srodnih spojeva niže od granice kvantifikacije jednake toj granici.

⁽³⁾Ukoliko se ribu kani konzumirati cijelu, najveća dopuštena količina odnosi se na cijelu ribu.

2.2.7. Veterinarski lijekovi

Antibiotici imaju široku primjenu u akvakulturi u cilju sprječavanja i liječenja bakterijskih bolesti. Shodno tome njihove rezidue moguće je naći u mišićju što može predstavljati stvarni rizik po potrošača. Intenzivni razvoj akvakulture doveo je do porasta učestalosti bolesti uzrokovanih različitim patogenim bakterijama uključujući bolesti koje uzrokuju *Aeromonas hydrophila*, *A. salmonicida*, *Edwardsella tarda*, *Pasteurella piscicida*, *Vibrio anguillarum*, *V. salmonicida* i *Yersinia ruckeri*. Porastu učestalosti ovih bolesti pogoduje pregust nasad u kavezu ili bazenu za uzgoj ribe. Imajući u vidu činjenicu da broj učinkovitih cjepiva nije velik dodavanje antibiotika u vodu ili hranu za ribe najbolji je način borbe protiv bakterijskih bolesti ribe iz uzgoja. Antibiotici se široko primjenjuju s ciljem profilakse, poticanja rasta, liječenja bolesti i sprječavanja ekonomskih gubitaka, no nikada ih ne treba koristiti kao jednostavnu i prikladnu alternativu dobroj proizvođačkoj praksi u akvakulturi. Na tržištu su dostupni brojni lijekovi korisni u kontroli bolesti od kojih obolijevaju životinje uzgajane u proizvodnim jedinicama akvakulture. U slučajevima kada je njihova uporaba dopuštena točno su definirane doze koje se smiju primijeniti i vrijeme koje mora proteći od prestanka primjene veterinarskih

lijekova do konzumacije ribe kako bi se spriječilo da potrošač konzumira ribu u čijim su jestivim dijelovima još uvijek prisutne rezidue ovih spojeva. U Tablici 2.2.5. navedeni su antibiotici koje se može koristiti u akvakulturi.

Ribe su poikilotermne životinje i njihov metabolizam, putem kojega se aktivni sastojci antibiotika mogu razgraditi, usko je povezan s temperaturom vode u kojoj žive. Stoga vrijeme koje mora proteći od prestanka primjene antibiotika do konzumacije varira o temperaturi vode pa ga se ponekad iskazuje u stupnjevima/dana. Primjerice, razdoblje koje mora proteći od prestanka primjene amoksicilina do konzumacije ribe iznosi 150°/dana, drugim riječima, 10 dana u kojima je temperatura vode iznosila 15 °C. Međutim, izračun duljine ovoga razdoblja valja potvrditi ovisno o vrsti ribe jer različite riblje vrste pri različitim temperaturama imaju različite metabolizme. Ukoliko je vrijeme koje treba proći od prestanka primjene antibiotika definirano prema Direktivi 2001/82/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća od 6. studenog 2001. koja se odnosi na Kodeks Zajednice vezan uz veterinarske lijekove, to vrijeme ne smije biti kraće od 500 stupnjeva/dana. Trenutno se u okviru djelatnosti akvakulture koja se odvija u vodama Europe i Sjeverne Amerike umjerenih temperatura uvelike smanjila uporaba antibiotika s ciljem profilakse ili poticanja rasta jer su u široku primjenu ušla bezopasna cjepiva koja, za razliku od antibiotika, ne ostavljaju rezidue i ne izazivaju otpornost. Valja istaknuti da su na tržištu dostupna cjepiva namijenjena isključivo ribi. Glavnu opasnost koja proizlazi iz uporabe antibiotika predstavljaju njihove rezidue koje, osim što izravno djeluju na ljude, mogu doprinijeti selekciji rezistentnih mikroorganizama. Osim toga, otpornost na antibiotike može biti štetna i za samu ribu i za čovjeka. U ljudi ovakve rezidue mogu uzrokovati alergije, imati toksične učinke, promijeniti crijevnu floru i dovesti do razvoja otpornosti na lijekove koji se koristi za suzbijanje humanih patogena (WHO, 1999.). Bez iznimke bilo koji mikroorganizam patogen za ribu može razviti otpornost na bilo koji antibiotik. Neodgovorna uporaba antibiotika u akvakulturi može dovesti do njihova širenja u okoliš i razvoja otpornosti u bakterija koje kontaminiraju sediment ili divlje vodene životinje koje žive blizu uzgajališta. Zbog relativno maloga broja antibiotika registriranih za primjenu u akvakulturi pri opetovanim liječenjima nije moguće primjenjivati različite antibiotike i time spriječiti pojavu otpornosti, tako da je vjerojatnost da će se ta otpornost razviti vrlo velika. Imajući u vidu činjenicu da je uporaba antibiotika u uzgoju riba nažalost nužna, potrebno je osmisliti međunarodne programe za kontrolu uporabe antibiotika i njihovih rezidua. Ove kontrole uključuju provjeru korištenja isključivo odobrenih antimikrobnih lijekova te nadalje kontrolu prodaje i uporabe tijekom uzgoja. Kako bi se smanjila opasnost od neodgovorne primjene antibiotika, Europska unija je Uredbom Vijeća (EEZ) broj 2377/90 od 26. lipnja 1990. koja propisuje procedure koje će se u Zajednici provoditi u cilju utvrđivanja najvećih dopuštenih količina rezidua veterinarskih lijekova u namirnicama životinjskoga podrijetla kao i mnoge druge države preporučila trajanje primjene antibiotika i koncentracije koje se mogu koristiti pri primjeni u ribe iz uzgoja. Valja naglasiti da je u akvakulturi predviđeno da se antibiotike koristi isključivo u terapijske svrhe. Lijekovi registrirani u Italiji za primjenu u akvakulturi tre-

nutno su: 1) klortetraciklin; 2) oksitetraciklin; 3) amoksicilin; 4) flumekvin; 5) sulfadiazin + trimetoprim; 6) bronopol. Prvih pet su molekule uključene u Uredbe Vijeća (EZ) broj 2377/90, što znači da su najviše dopuštene količine njihovih rezidua jasno definirane (Tablica 2.2.5.).

Tablica 2.2.5. Antibiotici koji se koriste u akvakulturi (FAO Fisheries Technical Paper, 444)

Skupina antimikrobnih lijekova	Sastav
Sulfonamidi	sulfamerazin; sulfaimidin; sulfadimetozin ¹
Potencirani sulfonamidi	co-trimazin/sulfatrim ^{1,2,3} (kombinacija trimetoprima i sulfadiazina)
Tetraciklini	klortetraciklin; oksitetraciklini ^{1,2,3,4}
Penicilin (β-laktami)	ampicilin ⁴ ; amoxicilin ^{2,4} ; benzil penicilin ³
Kinoloni	ciprofloksacin; enrofloksacin; norfloksacin; oksolinična kiselina ^{2,3,4} ; perfloksacin; flumekin ^{3,4} ; sarafloksacin ²
Nitrofurani	furazolidon
Makrolidi	eritromicin ⁴ ; spiramicin
Aminoglikozidi	gentamicin
Drugi antibiotici	kloramfenikol; florfenikol ^{1,3,4} ; tiamefenikol ⁴ ; tiamulin; nalidiksinska kiselina; milozacin

¹odobren za primjenu u Kanadi (http://www.syndel.com/msds/canada_approved.htm); ²odobren za primjenu u UK-u (Alderman et Hastings, 1998.); ³odobren za primjenu u Norveškoj (Alderman et Hastings, 1998.); ⁴odobren za primjenu u Japanu (Okamoto, 1992.).

Tablica 2.2.6. Antibiotici odobreni za primjenu u talijanskoj akvakulturi (www.acquacoltura.org)

Antibiotik	Granična koncentracija	Vrsta ribe
Klortetraciklin; oksitetraciklin	100 µg/kg (meso + koža)	jegulja, ciprinidi
Amoksicilin trihidrat	50 µg/kg (meso + koža)	salmonidne ribe – morska riba
Flumekin	600 µg/kg (meso + koža)	salmonidne ribe
Sulfadiazin + trimetoprim	100 µg/kg (meso + koža)	salmonidne ribe

S aspekta rezidua antibiotika proizvodi akvakulture podrijetlom iz Sredozemnog mora u svakom su slučaju zdravi jer je uporaba antibiotika na ovom prostoru smanjena, a razdoblje koje proteče od obustave primjene antibiotika do konzumacije proizvoda uvijek je duže od 500 stupnjeva/dana. Nadasve, u cijelosti se poštuju odredbe Direktive 2006/193/EZ od 6. travnja 2006. godine glede implementacije Direktive 2004/28/EZ u Kodeks Zajednice kojim se regulira uporaba veterinarskih lijekova, prema kojima se od uzgajivača (vlasnika ili voditelja uzgajališta) zahtjeva da (prema članku 79.) registriraju: datum primjene veterinarskoga lijeka, njegov naziv, serijski broj, upotrijebljena količina, naziv i adresa dobavljača lijeka, liječene životinje te datum početka i kraja liječenja.

2.2.8. Histamin

Biogeni amini su tvari koje različiti mikroorganizmi (*Enterobacteriaceae*, primjerice *Morganella morganii*, *Klebsiella oxytoca* i *Hafnia alvei*) proizvode dekarboksilacijom aminokiselina prisutnih u hrani u slobodnom obliku. Histamin nastaje dekarboksilacijom histidina, aminokiseline koju se u izobilju može naći u plavoj ribi. Riječ je o toksičnom biogenom aminu koji se u ribi stvara nakon njezina kvarenja. U ljudi izaziva otrovanje poznato pod nazivom "skombrotoksizam" ili histaminsko otrovanje ribom (HFP; od eng. *Histamine Fish Poisoning*), akutni sindrom poglavito uzrokovan konzumacijom ribljih proizvoda koji sadrže visoke razine histamina, a vjerojatno i drugih vazoaktivnih amina i/ili drugih spojeva. U ribama se razine histamina manje od 5 mg/100 g smatraju neškodljivima, od 5 do 20 mg/100 g potencijalno toksičnima, od 20 do 100 mg/100 g vjerojatno toksičnima, veće od 100 mg toksičnima. Sam toksin ne nalazi se u ribi u trenutku njezina izlova, već ga susljedno proizvode enterobakterije koje proizvode histidin dekarboksilazu u okolnostima kada se tijekom evisceracije i obrade ne pridržava pravila održavanja kontrolirane temperature (< 5 ° C) i pravilnog higijenskog rukovanja. Uz to valja naglasiti da se histamin iz kontaminirane ribe ne može odstraniti kuhanjem, sterilizacijom, a niti drugim uobičajenim načinima obrade, budući da je histamin termostabilan, što može dovesti do izloženosti potrošača ribi u kojoj se nalazi visok sadržaj amina. Tijekom neprimjerene pohrane u izvorno nezagađenim ribarskim proizvodima izloženim kontaminirajućoj mikroflori nakon otvaranja ambalaže vjerojatno se stvaraju značajne količine histamina. Za razliku od skuša, lubin i komarča ne sadrže visoke količine histidina i drugih slobodnih aminokiselina. Slijedom navedenoga, nakon konzumacije ove ribe nema rizika od prisutnosti histamina i drugih biogenih amina. Štoviše, prema odredbama Uredbe Vijeća (EZ) broj 2073/2005 od 15. studenog 2005. godine, kojima se propisuju mikrobiološki kriteriji za prehrambene namirnice, zahtjeva se da se na prisutnost histamina analizira isključivo skuše (ribe koje pripadaju obitelji *Scorbridae*, *Clupeidae*, *Engraulidae*, *Coryphenidae*, *Scomberesocidae* i *Pomatomidae*), pri čemu se valja rukovoditi sljedećim graničnim vrijednostima: potrebno je analizirati 9 jedinica (U.C.) od kojih 7 mora sadržavati histamin u koncentraciji nižoj od 100 mg/kg; u 2 jedinice sadržaj histamina može biti veći od 100 mg/kg, ali mora biti manji od 200 mg/kg što je granična vrijednost koju ne smije prelaziti niti jedan mjerni rezultat.

Literatura:

Alderman, D.J., Hastings, T.S. (1998). Antibiotic use in aquaculture. *International Journal of Food Science and Technology*, 33; 139-155.

Comi, G. (2004). I prodotti ittici. In: Cabras, P. and Martelli, A. (Eds.). *Chimica degli Alimenti*, Piccin Editore, Padova.

Commission Directive 2001/82/EC of 6 November 2001 on the Community code relating to veterinary medicinal products. *Official Journal of the European Community*, L 311; 1-66

Commission Directive 2004/28/EC of the European Parliament and of the Council of 31 March 2004 amending Directive 2001/82/EC on the Community code relating to veterinary medicinal products. *Official Journal of the European Community*, L 136; 58-84

Commission Directive 2005/87/EC of 5 December 2005 amending Annex I to Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council on undesirable substances in animal feed as regards lead, fluorine and cadmium. *Official Journal of the European Community*, L 318; 19-24

Council Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Community*, L 364; 5-24

Council Regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs

Council Regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria of foodstuffs. *Official Journal of the European Community*, L 338

Council Regulation (EC) No 466/2001 of 8 March 2001 setting maximum levels of certain contaminants of foodstuffs. *Official Journal of the European Community*, L77, 2001a; 1-14

Council Regulation (EEC) No 2377/90 of 26 June 1990 laying down Community procedure for the establishment of maximum residues limits of veterinary medicinal products in foodstuffs of animal products. *Official Journal of the European Community*, L 224; 1-8

EFSA (2004). Question N. EFSA-Q-2004-016. *The EFSA Journal*, 92; 1-5.

Food and Drug Administration (1995). Procedures for the safe and sanitary processing and importing of fish and fishery products. *Federal Register*, 60, 1995; 96—202.

Food and Drug Administration (1998). Fish and fisheries products hazards and controls guide. 2nd ed. Washington, DC, US Department of Health and Human Service.

Huss, H.H. Ababouch, L. Gram, L. (2003). Assessment and management of seafood safety and quality. *FAO Fishery Technical Paper*, 444. FAO, Rome, Italy.

MMWR (2000). CDC Scombroid fish poisoning – Pennsylvania, 1998. <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm4918a2.htm>

Okamoto, A. (1992). Restrictions on the use of drugs in aquaculture in Japan. In: Michel, C. and Alderman, D.J. (Eds) *Chemotherapy in Aquaculture. From Theory to Reality*. Office International de Epizooties, Paris, France, pp. 109-114.

World Health Organization (1992). "Evaluation of certain food additives and contaminants" Forty-first report on the joint FAO/WHO Expert Committee on food additives (JEFCA). *WHO Technical Report Series* 837. Geneva, Switzerland

World Health Organization (1999). Joint FAO/NACA/WHO "Study Group on food safety issues associated with products from aquaculture". *WHO Technical Report Series* 883. Geneva, Switzerland.

Mrežne stranice:

www.acquacoltura.org

<http://faolex.fao.org/docs/pdf/eur68134.pdf>

<http://www.fao.org/3/a-a0675e.pdf>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32001L0082>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32004L0028>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:01990R2377-20060408&from=EN>

http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_normativa_1256_allegato.pdf

<https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100F-27.pdf>

https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/sci-com_scf_out82_en.pdf

<http://www.cdc.gov/>

<http://www.cfsan.fda.gov/seafood1>

<http://www.chem.unep.ch/mercury/report/JEFCA-PTW1>

www.emea.europa.eu

<https://www.epa.gov/quality/national-recommended-water-quality-criteria-2004>

<http://www.fda.gov/>

www.inspection.gc.ca

<http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out90>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=CELEX%3A32005R2073>

3. SENZORIČKA SVOJSTVA SVJEŽE RIBE

Nada Vahčić,

Prehrambeno biotehnološki fakultet u Zagrebu, Zavod za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda



Komarče u uzgojnom kavezu

3.1. Uvod

Pokazatelji kvalitete ribe i ostalih plodova mora uključuju pokazatelje koji se odnose na vrstu ribe, ali i one koji se tiču očekivanja potrošača. Potrošači očekuju namirnice koje s obzirom na senzoričke odlike spadaju u gornju kategoriju, ispunjavaju zdravstvene i sigurnosne zahtjeve kao i nutritivnu vrijednost, funkcionalna svojstva i zadovoljavaju standarde koji se odnose na nutritivni sastav, izgled, pakiranje, označavanje i trajnost predmetnog proizvoda. Svi navedeni pokazatelji mogu se odrediti kvantitativno te se koriste kao parametri procjene kvalitete proizvoda.

Boja, aroma i tekstura mesa ribe značajni su čimbenici koji utječu na pogodnost ribe za različite metode kulinarske obrade i uporabu u prehrambenoj industriji. Ovi čimbenici karakteristični su za pojedinu vrstu i imaju znatan utjecaj na tržišnu vrijednost plodova mora. Udio bjelančevina, masti, vitamina i minerala utječe ne samo na nutritivnu vrijednost određenoga proizvoda, već i na njegova senzorička svojstva. Različiti neproteinski dušikovi spojevi također mogu utjecati ne samo na zdravstvenu ispravnost hrane i njezinu primjerenost za daljnju uporabu, nego i na njezina senzorička svojstva. Biološko stanje ribe utječe na proteine njezina mišićja, a time neizravno i na senzorička svojstva ribljega mesa.

3.2. Svježina

Svježina je primarno svojstvo koje se koristi u procjeni tržišne vrijednosti niza ribljih vrsta i uvelike doprinosi kvaliteti ribe. Riba je lakopokvarljiva namirnica koju se može pohraniti samo kratkoročno. Netom izlovljena riba ima živu i intenzivnu boju, srebrnu ili neku drugu, no uvijek tipičnu za određenu vrstu. Škrge su svijetlocrvene, tijelo čvrsto i elastično, a aroma tipična za morske alge ili školjke. Odmah nakon izlova započinju biokemijske promjene saharida, dušičnih spojeva i masti; zbog kemijske oksidacije masti dolazi do postupnog gubitka svježine, a pojavljuju se znaci truljenja. U riba i morskih kralješnjaka početni gubitak izvorne svježine prvenstveno je uzrokovan kataboličkim reakcijama na nukleotidima i saharidima, no ubrzo dolazi i do razlaganja dušičnih spojeva te hidrolize i peroksidacije masti. Reakcije koje se odvijaju u ovoj fazi uglavnom su



Uzorci lubina prvi dan ispitivanja svježine



Uzorci lubina peti dan ispitivanja svježine



Uzorci komarče prvi dan ispitivanja svježine



Uzorci komarče peti dan ispitivanja svježine

katalizirane endogenim enzimima. Susljedno propadanje tijekom skladištenja gotovo se u cijelosti može pripisati mikrobiološkim procesima. Brzina kojom riba gubi svježinu i njezino kvarenje ovise o vanjskim čimbenicima vezanim uz vrstu ribe, stupanj infestacije parazitima, početnu kontaminaciju bakterijama te rukovanje i pohranu ribe kako na ribarskom brodu, tako i na obali.

Svježinu ribe moguće je odrediti senzoričkom procjenom, kemijskim određivanjem produkata biokemijskih reakcija ili pak mjerenjem fizikalnih svojstava ribljega mesa.

3.3. Senzoričko vrednovanje ribe

Senzoričko vrednovanje ribe može se definirati kao znanstvena disciplina koja izaživa, mjeri, analizira i tumači odgovore na svojstva proizvoda zamijećena osjetilima. Stoga se senzoričko vrednovanje može definirati kao uporaba jednoga ili više od uku-

pno 5 raspoloživih osjetila angažiranih u prosudbi ili davanju mišljenja o određenim aspektima kvalitete. Spomenutih pet osjetila čine osjetilo vida, mirisa, okusa, dodira i sluha. Aspekti kvalitete ribe i ribljih proizvoda koje je moguće prosuditi navedenim osjetilima nabrojani su u Tablici 3.1. Valja, međutim, istaknuti da pojam kvalitete ribe obuhvaća puno više od njezine puke jestivosti. Jestivost bez sumnje predstavlja najvažniju sastavnicu ukupne kvalitete ribe, no na nju uvelike utječe način čuvanja ribe (držanje na ledu ili pak smrzavanje); pri prosudbi kvalitete ribe treba imati na umu i druge aspekte njezine kvalitete, primjerice vrijednost predmetne ribe, njezinu pogodnost za obradu, pogodnost njezine veličine i prisutnost/odsutnost oštećenja i/ili mrljavosti.

Tablica 3.1. Neki aspekti kvalitete ribe i ribljih proizvoda i osjetila koja se koriste pri njihovoj procjeni

Osjetilo	Aspekt kvalitete
Osjetilo vida	Opći izgled i stanje, veličina, oblik, tjelesni nedostaci, boja, sjaj, vrsta
Osjetilo mirisa	Svježina, neugodni mirisi i okusi, mrlje, masnoća, užglost, miris dima
Osjetilo okusa	Svježina, neugodni okusi i arome, mrlje, masnoća, užglost, okus dima, trpkost, primarni okus kiselosti, gorkosti, slanoće, slatkoće
Osjetilo dodira (prstom ili ustima)	Općenita tekstura, tvrdoća, mekoća, elastičnost, lomljivost, hrapavost, glatkoća, zrnatost, ljepljivost, tečnost, vlažnost, suhoća, krhkost, prisutnost kostiju
Osjetilo sluha	Lomljivost, krhkost

Senzoričke promjene izgleda, mirisa, teksture i okusa mogu se opaziti ljudskim osjetilima. Kada je riječ o procjeni svježe ribe, senzoričke metode imaju ogromne prednosti zbog njihove brzine, pouzdanosti, nerazornosti i nepotrebnog posjedovanja skupe analitičke opreme. Sve što ove metode iziskuju jest stalna obuka procjenitelja pod nadzorom iskusnoga voditelja te uporaba uzoraka ribe poznate svježine. Ukoliko ih se provodi na odgovarajući način, ove metode daju brze, točne i jedinstvene informacije o prehrambenoj namirnici koja je predmet vrednovanja. One omogućuju izravno mjerenje uočenih svojstava i stoga pružaju informacije koje doprinose boljem razumijevanju reakcija potrošača.

Senzoričko vrednovanje cjelovite sirove ribe provedeno na obali i prilikom aukcija ribe te tijekom skladištenja na ledu koje prethodi obradi, uključuje procjenu izgleda, teksture i mirisa ribe. Tipičan slijed kvarenja ribe pohranjene na ledu može se odrediti senzoričkom procjenom i podijeliti u 4 faze:

- u 1. je fazi riba svježija i ugodnoga okusa,
- u 2. fazi tipičan miris i okus postupno nestaju,
- u 3. su fazi uočljivi znaci kvarenja, a
- u 4. se fazi ribu može opisati riječima “pokvarena i trula”.

Promjene teksture vidljive su nakon izlova kada se mišići počnu kočiti i postanu tvrdi i ukočeni. Nakon toga ukočenost prestaje te se mišići opuste i postaju mlohavi, no ne i onako elastični kako su to prvotno bili.

Metode procjene svježine ribe primjenjuju se u cijelom ribarskom lancu “od udice do kuhanja”, odnosno od izlova do potrošača, pri čemu se senzorička analiza provodi u različitim fazama obrade ribe. U pravilu se ovakva procjena povjerava primjereno obučanim procjeniteljima uz jasne upute. Postupci pronalaženja, odabira i obuke procjenitelja propisani su međunarodnim smjernicama i normama.

U zadnjih su 50 godina razvijeni brojni protokoli procjene sirove ribe. Istraživačka stanica “Torry Research Station” razvila je prvu suvremenu i detaljno razrađenu metodu senzoričke procjene bijele ribe. Senzorička svojstva uključena u ovaj protokol uključuju procjenu općeg izgleda, mirisa i teksture ribe i ribljega mesa, uključujući tu i trbušnu stijenk. Budući da se zajedničkim tržišnim standardom primjenjivim na ribarske proizvode i proizvođačima i potrošačima trgovanje nastoji olakšati poboljšanjem kvalitete proizvoda te imajući u vidu da su ribarski proizvodi neprerađeni te se prodaju ili svježi ili rashlađeni, njihovu kvalitetu uvelike određuje njihova svježina koja se prosuđuje organoleptičkim ispitivanjem.

3.4. EU shema – sirova riba

Metoda koja se danas u EU-i smatra najvišim dometom struke, kada je u pitanju procjena kvalitete sirove ribe te se stoga najčešće i koristi i preporučuje kao metoda izbora pri procjenama u industrijskom okruženju i tijekom inspekcija, je EU protokol propisan Uredbom Vijeća (EZ) broj 2406/96 koja je stupila na snagu 29. studenog 1996. godine. Prema odredbama ove Uredbe zajednički tržišni standard definiran je dvjema kategorijama – svježinom ribe i njezinom veličinom.

Svježina je definirana temeljem posebnoga vrednovanja 5 skupina proizvoda (bijele ribe, plave ribe, morskih pasa, glavonožaca i rakova) te podijeljena u 3 kategorije (iznimna, A i B). Uz navedeno, ukoliko je riba neprimjerena za konzumaciju u ljudi, kategorizira ju se kao “neprihvatljivu”. Ukratko, anatomske dijelove koje valja pregledati organoleptički tijekom procjene svježine proizvoda variraju ovisno o skupini proizvoda o kojoj je riječ, no uključuju kožu, sluz, oko, škrge, škržne zaklopce i potrbušnicu (u eviscerirane ribe). Procjenjuje se opći izgled i miris, miris škrge i trbušne šupljine, kao i meso i njegova čvrstoća. Svaku kategoriju koja opisuje svježinu ribe utvrđenu na određenom anatomske dijelu koje je bilo predmet organoleptičke procjene opisuje se riječima, pri čemu se daje verbalni opis boje, izgleda, strukture mesa ili mirisa. Rangiranje svježine bijele ribe (koljaka, bakalara, ugljenara, kolje, škarpine, pišmolja, manjića, oslića, deverike, udičarke, oblića, male ugotice, bukve, girice, ugora, lastavice, cipla, iverka zlatopjega, patarače oštronoske, lista, iverka, lista crvenca, ljetne iverke, zmijičnjaka) temeljem specifičnih kriterija vrednovanja prikazano je u Tablici 3.2.

Tablica 3.2.a. EU protokol koji se primjenjuje pri procjeni svježine bijele ribe

	Kriteriji			
	Kategorije svježine			Neprihvatljiva ⁽¹⁾
	Iznimna	A	B	
Koža	Svijetli pigment duginih boja (s izuzetkom škarpine) ili svjetlacava; diskoloracije nema	Pigmentacija svijetla, ali bez sjaja	Diskoloracija i gubitak sjaja u tijeku	Bezbojna i bez sjaja ⁽²⁾
Sluz na koži	Vodenasta, prozirna	Blago zamućena	Mliječne boje	Žučkastosiva i mutna
Oko	Konveksno (ispupčeno); crna, sjajna zjenica; prozirna rožnica	Ispupčeno, no blago upalo; tamna zjenica bez sjaja; blago zamućena rožnica	Aplanirano; rožnica svjetlacava; mutna zjenica	Udubljeno u središtu; siva zjenica; rožnica mliječne boje ⁽²⁾
Škrge	Svijetle boje; bez sluzi	Ne tako intenzivne boje; sluz prozirna	Smeđe/sive (diskoloracija u tijeku); debela, mutna sluz	Žučkaste; sluz mliječne boje ⁽²⁾
Potrbušnica (eviscerirane ribe)	Glatka; svijetla; teško odvojiva od mesa	Blago diskolorirana; odvojiva od mesa	Pjegava; lako odvojiva od mesa	Uopće ne prijanja ⁽²⁾
Miris škrge i trbušne šupljine bijela riba osim iverka zlatopjega	Miris morskih trava	Ne mirišu po morskim travama; neutralan miris	Miris fermentacije; blago jednak miris	⁽²⁾ Jedak
iverak zlatopjeg	Svjež slatunjav miris; oštar miris; miris zemlje	Slatunjav miris, miris po morskim travama ili blago slatkast miris	Slatunjav miris; miris fermentacije; miris koji odaje ustajalost ili blagu užeglost	Jedak
Meso	Čvrsto i elastično; glatke površine ⁽³⁾	Smanjene elastičnosti	Blago omekšalo (mlohavo), smanjene elastičnosti, voštane (baršunaste) i diskolorirane mutne površine	Meko (mlohavo) ⁽²⁾ ; ljuske se lako odvajaju od kože, površina prilično naborana

b. Dodatni kriteriji za udičarke

Krvne žile (ventralna muskulatura)	Jasno ograničene i svjetlocrvene	Jasno ograničene; krv tamni	Difuzne i smeđe	Posve ⁽²⁾ difuzne, smeđe, meso žuti
------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------	-----------------	--

⁽¹⁾ Sve navedeno u ovome stupcu vrijedit će samo dok se ne usvoji Odluku Komisije o utvrđivanju kriterija za proglašavanje ribe nepodobnom za konzumaciju u ljudi, sukladno Direktivi Vijeća 91/493/EEZ

⁽²⁾ Ili u još uznapredovalijoj fazi propadanja

⁽³⁾ Prije pojave rigora mortis svježa riba više neće biti čvrsta i elastična, no svejedno će biti uvrštena u kategoriju "Iznimna"

Da rezimiramo, senzorička procjena svježine plodova mora uključuje procjenu vanjskoga izgleda, mirisa i teksture sirove ribe. Gore opisana metoda daje relativno ograničene informacije o stanju ribe, nije specifična za vrstu i ne uzima u obzir razlike između pojedinih ribljih vrsta. Iz spomenutih se razloga ovu metodu najčešće primjenjuje tijekom aukcija. Nadalje, ova metoda ne daje rezultate temeljem kojih bi se moglo procijeniti starost ribe niti njezin rok valjanosti. Propadanje ribe opisuje se u fazama koje nemaju kontinuitet. Sustav ima nekoliko ozbiljnih mana, natočito u slučajevima kada se sva senzorička svojstva ne procjenjuju korištenjem iste kategorije.

3.5. Metoda određivanja indeksa kvalitete (QIM)

Iz gore navedenih razloga osmišljen je nov, poboljšani sustav procjene kvalitete i svježine plodova mora čije su odlike brzina, objektivnost i primjenjivost na različite riblje vrste. Metoda određivanja indeksa kvalitete (QIM; od eng. *Quality Index Method*) temelji se na protokolu koji je izvorno razvila skupina tasmanijskih istraživača koji se bave istraživanjem hrane (TFRU; od eng. *Tasmanian Food Research Unit*) i djeluju pod okriljem Organizacije za znanstveno i industrijsko istraživanje zajednice država poznate pod nazivom Commonwealth (CSIRO; od eng. *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*), a moguće ju je prilagoditi svakoj ribljnoj vrsti. Međutim, najveći broj QIM protokola razvijen je u Europi. Do danas, pri čemu se misli na razdoblje od 2000. do 2020. godine, razvijeni su i u znanstvenoj literaturi dostupni protokoli za 49 različitih ribljih vrsta koji uključuju i uvjete čuvanja, raspon indeksa kvalitete i procjenu roka valjanosti.

QIM ima nekoliko prednosti, uključujući tu i mogućnost procjene prethodnog i preostalog vremena pohrane na ledu. Metoda se temelji na karakterističnim promjenama koje se zbivaju u sirovoj ribi, tj. jasno definiranim, karakterističnim promjenama svojstava koja opisuju vanjski izgled sirove ribe (izgled očiju, kože, škrge, miris ribe) pri čemu se koristi bodovni sustav u rasponu od 0 do 3 negativna (indeksna) boda. Bodovi dodijeljeni svakoj karakteristici se zbrajaju i daju ukupan rezultat senzoričke procjene, tzv. indeks kvalitete. Ovaj indeks linearno raste ovisno o duljini čuvanja na ledu. Opis svakoga boda dodijeljenog pojedinom parametru naveden je u QIM protokolu. Procje-

nitelj je obvezan procijeniti sve parametre sadržane u protokolu, dakle vanjski izgled ribe, njene oči, škrge i teksturu. Uz to se procjenjuje i miris škrge, a u nekih ribljih vrsta i miris kože i sluzi. Nakon evisceracije ribe procjenjuje se boja krvi i fileta. Kako na procjenu ne bi utjecale biološke razlike u brzini kvarenja ribe, iz svake serije treba procijeniti najmanje 3, no ne više od 10 riba.

U Tablici 3.3. prikazana je QIM shema primjenjiva na sirovu komarču, a u Tablici 3.4. shema primjenjiva na sirovog lubina. Huidobro i suradnici (2000.) prvi su predložili QIM protokol primjenjiv na sirovu komarču i dekapitiranu evisceriranu komarču dok su Campus i suradnici (2011) razvili QIM protokol primjenjiv na dekapitiranu komarču pakiranu u uvjetima modificirane atmosfere. Iako su QIM protokoli razvijeni u industrijske svrhe, provedena su i istraživanja usmjerena na razvoj QIM protokola namijenjenih potrošačima (u eng. izvorniku: *Consumer - Quality Index Method; C-QIM*). C-QIM protokoli predstavljaju metodologiju namijenjenu potrošačima razvijenu s ciljem da im pomogne odlučiti koju ribu kupiti, bilo u trgovini, bilo u ribarnici. Korištenje ove metodologije potrošaču može pomoći pri odabiru i kupnji ribe visoke senzoričke kvalitete te povećati njegovo znanje o kvaliteti hrane i njezinim varijacijama.

Tablica 3.3. Metoda određivanja indeksa kvalitete (QIM) primjenjiva na sirovu komarču

	Svojstvo	Opis	Bodovni rezultat
Izgled	Koža	Vrlo svijetla	0
		Svijetla	1
		Diskolorirana, bez sjaja	2
	Sluz	Bistra, prozirna	0
		Blago zamućena / zamućena	1
Meso	Elastičnost	Elastično	0
		Udubljuje se pod pritiskom	1
Miris	Miris	Svjež	0
		Neutralan	1
		Sumnjiv	2
		Neugodan miris	3
Oči	Bistrina	Bistre, prozirne	0
		Blago zamućene	1
		Mutne, krvave	2
	Oblik	Izbočene	0
		Aplanirane	1
		Upale	2
Škrge	Boja	Svijetla, tamnocrvena	0
		Smečkastocrvena / diskoloracija	1
	Miris	Svjež, miris morske trave	0
		Neutralan	1
		Sumnjiv	2
		Neugodni mirisi	3
QIM bodovni rezultat			0-15

Tablica 3.4. Metoda određivanja indeksa kvalitete (QIM) primjenjiva na sirovog lubina

	Svojstvo	Opis	Score
Koža	Boja / izgled	Svijetla pigmentacija duginih boja	0
		Prilično mutna i bez sjaja, početak diskoloracije (glave)	1
		Zelena, žućkasta, uglavnom u području trbuha	2
	Miris	Svjež miris morske trave, neutralan	0
		Miris po krastavcu, metalu, sijenu	1
		Jedak, miris krpe za posuđe Pokvarene ribe	2 3
Tekstura	Stanje ukočenosti (rigor)	0	
	Udubljenje nastalo pritiskom prsta brzo nestaje	1	
	Udubljenje nastalo pritiskom prsta vidljivo je daljnje 3 sekunde	2	
Oči	Zjenice	Bistre i tamne, metalnoga sjaja	0
		Sive	1
		Bez sjaja, sive	2
	Oblik	Ispupčen	0
Aplaniran		1	
Upao		2	
Škrge	Boja	Krvavo crvena / narančasta	0
		Blijedo crvena, ružičasta/svjetlosmeđa	1
		Sivo-smeđa, smeđa, siva	2
	Miris	Svjež, miris morske trave, neutralan	0
		Miris metala, trave	1
		Jedak, miris plijesni, miris krpe za posuđe Miris pokvarene ribe	2 3
Sluz	Prozirna	0	
	Mliječne boje, zgrušana ("usirena")	1	
	Smeđa, zgrušana ("usirena")	2	
Meso, fileti	Boja	Prozirno, plavkasto	0
		Voštano bijelo, mliječno bijelo	1
		Mutnoga izgleda, požutjelo, sa smeđim mrljama	2
Visceralni organi	Topivost	Cjeloviti	0
		Počinju se otapati	1
		Otopljeni	2
QIM bodovni rezultat			0-22

3.6. Torry shema

Pri senzoričkoj procjeni ribljih fileta uobičajeno ih je skuhati te potom procijeniti njihov miris i aromu. Metoda koja se najčešće koristi pri procjeni svježine kuhane ribe je Torry skala koju u nekim zemljama koriste i riblja industrija i potrošači ribljih proizvoda. Riječ je o opisnoj ljestvici u bodovnom rasponu od 1 do 10 koju je razvila istraživačka stanica "Torry

Tablica 3.5. Obrazac za bodovanje svježine ribe po Torry shemi primjenjiv na bijelu ribu skladištenu na ledu (sirovi bakalar)

Bodovni rezultat	Oči	Koža	Tekstura i učinak mrtvačke ukočenosti (rigor mortis)	Meso i trbušna stuheja	Bubreg i krv	Škrge		Bodovni rezultat
						Izgled	Miris	
10	Ispupčena, konveksna leća, crna zjenica, posve prozirna rožnica	Svijetlih, dobro razlučivih boja, sjajna, prozirna sluz	Meso čvrsto i elastično. Tijelo u stanju predukočenosti ili ukočenosti.	Rezna ploha umrljana krvlju. Plavkasti odsjaj oko kralješnice. Filet se može doimati hrapavim zbog kontrakcije mišića izazvane mrtvačkom ukočenošću	Svijetlo-crvena krv koja netom počinje teći	Sjajna, svjetlocrvena ili ružičasta sluz	Isprva gotovo bez mirisa, koji se potom intenzivira do oštrih mirisa po jodu, škrobu, metalu ili pak manje intenzivnih mirisa po morskim travama i školjkašima	10
9	Konveksna leća, crna zjenica koja gubi prvotnu prozirnost		Meso čvrsto i elastično. Očita blokada mišića. Ukočenost ili sam kraj ukočenosti	Bijelo s plavkastim odsjajem, može biti naborano zbog učinka mrtvačke ukočenosti	Svijetlocrvena, krv ne teče			9
8	Neznatno zaravnavanje ili potpuna apnacija, gubitak sjaja	Gubitak sjaja ili boje	Čvrsto, elastično na dodir	Meso bijele boje s određenim gubitkom plavkastoga odsjaja. Neznatna požutjelost reznih ploha ili trbušne stijenke	Neznatno tamnjenje krvi	Gubitak sjaja i tamnjenje, neznatna diskoloracija	Svježe pokošene trave. Mirisi po morskoj travi i školjkašima tek naznačeni	8
7							Neintenzivan miris po mišu, plijesni ili kaprinoj kiselini	7
6	Neznatno upale, zjenica lagano posivjela, neznatna svjetlucaost rožnice	Gubitak razlučivosti i općenito nestajanje boja; posivmašnje sivilo. Mutna sluz mliječnobijele nijanse.	Smekšavanje mesa na kojem nakon pritiska prstom zaostaju udubine, tekstura repnog područja djelimično zrnata	Voštani izgled mesa, crvenilo u području bubrega. U području trbušne stijenke rezne plohe smeđe i diskolorirane	Tamnjenje, dijelom poprimalju smeđu boju	Određena diskoloracija škrge i zamućenje sluzi	Miris po kruhu, sladu, pivu, kvassu	6
5							Miris po mliječnoj kiselini ili kiselim mlijeku ili pak sladunjav miris	5
4	Upala, mliječno-bijela zjenica, mutna rožnica	Daljnji gubitak boje kože. Gusta žuta zgrušana ("usirena") sluz diskolorirana posredstvom bakterija. Nabiranje kože njuške	Mekše meso zrnate teksture	Određeno svjetlucanje, crvenilo duž kralješnice i smeđa diskoloracija trbušnih zaklopaca	Krv u bubregu smečkaste boje	Neznatna izbjeljenost i smeđa diskoloracija s određenom količinom žute sluzi kontaminirane bakterijama	Miris po masnim kiselinama nižega reda (npr. octenoj ili maslačnoj), kompostiranoj travi, "starim čizmama", neznatno sladunjav ili voćni miris ili miris po kloroformu	4
3							Miris ustajale vode u kojoj se kiselo kupus, ustajale repe, jedak "miris sudopera", miris mokrih šibica	3

Research Station” u cilju procjene nemasne, polumasne i masne ribe. Ribi svježega okusa i mirisa može se dodijeliti do 10 bodova dok pokvarena riba može dobiti najviše 3 boda. Opis koji bi bio vezan uz ribu kojoj je dodijeljeno manje od 3 boda ne postoji jer tako nisko rangirana riba nije prikladna za ljudsku konzumaciju. Senzorička procjena kuhanih uzoraka omogućuje i procjenu najduljeg trajanja čuvanja. Prosječan rezultat od 5,5 bodova smatra se granicom prihvatljivosti za konzumaciju. Istraživanja su pokazala linearnu korelaciju između indeksa kvalitete (QI) sirove ribe i procjene kuhanih fileta korištenjem Torry skale što znači da je umjesto senzoričke procjene kuhanih uzoraka moguće odrediti indeks kvalitete cjelovite sirove ribe. Osim toga, određivanje indeksa kvalitete (QIM) je brže i provodi se u ranijim fazama proizvodnoga lanca. Tablica 3.5 prikazuje Torry shemu primjenjivu na bijelu ribu skladištenu na ledu, konkretno na sirovi bakaljar kao tipičnog predstavnika.

3.7. QDA metoda

Torry skala pruža tek nepotpune informacije o promjenama određenih karakteristika kuhane ribe tijekom njezinog čuvanja, no puno detaljnije informacije mogu se dobiti kvantitativnom deskriptivnom analizom (QDA; od eng. *Quantitative Descriptive Analysis*). QDA je metoda senzoričke analize koja se koristi da bi se dobio detaljan opis senzoričkih svojstava određenog proizvoda, ali i odredio najdulji rok njegove valjanosti. U okviru QDA skupina primjereno obučanih procjenitelja, koje usmjerava voditelj skupine, nabraja i opisuje sve prepoznatljive i opisive karakteristike proizvoda. Dok opisuju proizvod, članovi procjeniteljske skupine sastavljaju popis termina u obliku pojmovnika. Ovaj popis se zatim koristi za procjenu proizvoda; procjenitelji kvantificiraju senzorička svojstva proizvoda rangirajući svako od svojstava (svaki od pojmova navedenih u pojmovniku) na nestrukturiranoj skali. Prije ovakve procjene procjenitelji prolaze primjerenu obuku. Pojmovi koji se koriste pri opisivanju mirisa i arome ribe mogu se svrstati u poželjne i nepoželjne senzoričke parametre, ovisno o tome opisuje li se svježiju ribu ili pak onu koja je pred istekom roka valjanosti.

Literatura:

- Alasalvar, C., Taylor, K.D.A., Oksuz, A., Garthwaite, T., Alexis, M.N., Grigorakis, K. (2001) Freshness assessment of cultured sea bream (*Sparus aurata*) by chemical, physical and sensory methods. *Food Chemistry*, 72, 33-40.
- Alasalvar, C., Taylor, K.D.A., Oksuz, A., Shahidi, F., Alexis, M. (2002) Comparison of Freshness Quality of Cultured and Wild Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). *Journal of Food Science*, 67, 3220-3226.
- Bernardi, D.C., Marisco, E.T., Queiroz de Freitas, M. (2013) Quality Index Method (QIM) to Assess the Freshness and Shelf Life of Fish. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 56, 587-598.
- Bojanić, K., Kozačinski, L., Filipović, I., Cvrtić, Ž., Zdolec, N., Njari, B. (2009) Quality of sea bass meat during storage on ice. *Meso*, 11, 74-80.
- Campus, M., Bonaglini E., Cappuccinelli R., Porcu, M.C., Tonelli, R., Roggio, T. (2011) Effect of modified atmosphere packaging on Quality Index Method (QIM) scores of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) at low and abused temperatures. *Journal of Food Science*, 76, 185-191.
- Codex Guidelines for the Sensory Evaluation of Fish and Shellfish in Laboratories. CAC-GL 31-1999.
- Connell, J.J. Sensory Assessment of Fish Quality. Torry Advisory Note No. 91. Torry Research Station, Aberdeen. <http://www.fao.org/3/x5989e/x5989e00.htm>

Council Regulation (EC) No 2406/96 of 26 November 1996 laying down common marketing standards for certain fishery products. Off. J. Europ. Commun. No L 334, 23.12.1996.

Huidobro, A., Pastor, A., Tejada, M. (2000) Quality Index Method Developed for Raw Gilthead Seabream (*Sparus aurata*). *Journal of Food Science*, 65, 1202-1205.

Huss, H.H. Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fisheries Technical Paper – 348, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1995.

ISO 8586:2012 Sensory analysis- General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors.

Knowles, T., Brown, S., Warriss, P., Lines, J., Tinarwo, A., Bravo, A., Carvalho, H., Goncalves, A. (2007) Effect of electrical stunning at slaughter on the carcass, flesh and eating quality of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquatic Research*, 38, 1732-1741.

Lougovoisa, V.P., Kyranasb, E.R., Kyranas, V.R. (2003) Comparison of selected methods of assessing freshness quality and remaining storage life of iced gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Food Research International*, 36, 551-560.

Martinsdottir, E. (2010) Sensory quality management of fish. In: Sensory Analysis for Food and Beverage Quality Control, A Practical Guide, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, pp. 293-315.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845694760500150>

Nunes, M.L., Batista, I., Cardoso, C. (2007) Aplicacao do indice de Qualidade (QIM) na avaliacao da frescura do pescado. Publicacoes avulsas do IPIMAR, No. 15, Lisboa.

Nuray, E., Özkan, Ö. (2006) Gutted and Un-Gutted Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*) Stored in Ice: Influence on Fish Quality and Shelf-Life. *International Journal of Food Properties*, 9, 331-345.

Sensory assessment scoresheets for fish and shellfish – Torry & QIM. (2010) Collated by Michaela Archer, SEAFISH the authority on seafood

https://www.seafish.org/media/Publications/sensory_assessment_scoresheets_14_5_10.pdf

Sikorski, Z.E. (2011) Food Quality and Standards Pertaining to Fish in “Food Quality and Standards – Vol. II, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)

<https://www.eolss.net/sample-chapters/C10/E5-08-04-02.pdf>

Stone, H., Sidel, J. (1992) Sensory Evaluation Practices, 2nd Edition, Food and Science Technology Series, Series Editors: Steve Taylor, eBook ISBN: 9780323139762, Imprint: Academic Press, page count: 338.

Šimat, V., Bogdanović, T., Krželj, M., Soldo A., Maršić-Lučić J. (2012) Differences in chemical, physical and sensory properties during shelf life assessment of wild and farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata* L). *Journal of Applied Ichthyology*, 28, 95-101.

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, 5-10.

4. NUTRITIVNA KVALITETA RIBE

Jelka Pleadin,

Hrvatski veterinarski institut, Laboratorij za analitičku kemiju

4.1. Uvod

Konzumacija ribe općenito je važan izvor prehrane velikoga broja potrošača diljem svijeta i daje iznimno značajan doprinos zdravoj prehrani. Podaci o kemijskom sastavu ribe koji govore o njezinoj nutritivnoj vrijednosti važni su i zbog usporedbe s drugim izvorima bjelančevina životinjskoga podrijetla, primjerice crvenim mesom i peradi. Glavne učinke konzumacije ribe uvriježeno je pripisivati visokom udjelu nutritivno vrijednih masnih kiselina, no istraživanja pokazuju da i druge hranjive tvari iz ribe imaju pozitivne učinke na ljudsko zdravlje.

Najveće jestivo tkivo svježih ribe predstavljaju njezini skeletni mišići te se njihov sastav smatra glavnom odrednicom kvalitete ribe. Organoleptička svojstva ribe i njezina nutritivna vrijednost čine pak dvije glavne karakteristike koje, zajedno sa svježinom ribe, predstavljaju važne parametre kvalitete u očima potrošača. U europskoga lubina skeletni mišići čine 44 – 58 %, a u komarče 34 – 48 % ukupne tjelesne težine. Mišić se sastoji od masti, bjelančevina, vode, anorganskih elemenata, hlapivih lužina kao što su amonijak, trimetilamin i dimetilamin, trimetilaminoksida, slobodnih aminokiselina, ureje, vitamina, ugljikohidrata i hlapivih spojeva poput alkohola, aldehida, ketona i terpena, koji doprinose aromi ribe.

Kemijski sastav ribe uvelike varira od vrste do vrste ovisno o dobi i spolu, okolišu i sezoni, a nađene su čak i varijacije u nutritivnom sastavu istodobno izlovljenih primjereka iste vrste, dobi i spola. Individualne razlike u kemijskom sastavu mogu biti značajne i služe kao važan čimbenik procjene prosječne kvalitete različitih ribljih vrsta. Riba je jedini izvor bjelančevina koji sadrži sve esencijalne aminokiseline. Dokazano je, međutim, da doprinos ribe ljudskoj prehrani nadilazi onaj visokokvalitetnih bjelančevina po kojima je tako dobro poznata. Osim bjelančevina, glavnu sastavnicu ribe i ribljih proizvoda čine lipidi koji predstavljaju izvanredan izvor vrijednih mikronutrijenata, vitamina i minerala. Zbog svojih nutritivnih svojstava riblje se meso smatra vrlo vrijednom prehranbenom namirnicom visoke nutritivne vrijednosti koju joj daju bjelančevine, lipidi i esencijalni mikronutrijenti sadržani u količinama koje imaju blagotvorno djelovanje na ljudsko zdravlje.

Riblje meso načelno sadrži do 80 % vode, 15 – 23 % bjelančevina i 0,7 – 20 % masti, dok je udio ugljikohidrata vrlo nizak (< 2 %). Zbog niskoga udjela kolagena riblje bjelančevine lako su probavljive i dobro iskoristive (93 – 98 %) te imaju visok kemijski "score". Osim uz sastav bjelančevina, nutritivna vrijednost ribljega mesa vezana je i uz sastav masti. Uz činjenicu da predstavlja glavni izvor omega-3 višestruko nezasićenih dugolančanih masnih kiselina (n-3 LC PUFA; od eng. *long-chain polyunsaturated fatty acids*), ribi

je svojstven i dobro uravnotežen sastav aminokiselina u kojem visok udjel imaju taurin i kolin. Minerali prisutni u ribi uključuju makromineralne poput kalija, kalcija i fosfora te brojne mikroelemente. Od vitamina su u ribi prisutni liposolubilni vitamini A, D, E i K, kao i neki drugi. Riba stoga mora predstavljati integralnu sastavnicu prehrane putem koje u organizam dospijevaju gore navedeni, netom iskoristivi makro- i mikronutrijenti, čime se sprječava pothranjenost.

U ovom se priručniku govori o temeljnom nutritivnom sastavu, sastavu masnih kiselina te sadržaju minerala i vitamina u različitim vrstama ribe, uz nekoliko primjera rezultata analiza provedenih na uzorcima lubina i komarče kao komercijalno najvažnijih vrsta ribe iz uzgoja.

4.2. Osnovni nutritivni sastav

Važnost ribe u osiguravanju lako probavljivih bjelančevina visoke biološke vrijednosti dokazana je činjenica. Bjelančevine čine 18 – 20 % svježe mase ribe, pri čemu riba sadrži sve esencijalne aminokiseline pa tako i cistein i metionin u čijem se sastavu nalazi sumpor. Obrok ribe osigurava trećinu do polovinu dnevne potrebe za bjelančevinama. Ovo je razlog zbog kojega riba igra važnu ulogu u podmirivanju nutritivnih potreba, posebice kada je riječ o sprječavanju pothranjenosti izazvane manjkom bjelančevina i nedostatnom količinom kaloričnih namirnica u prehrani. U usporedbi s drugim prehranbenim izvorima životinjskih bjelančevina, izbor riba koje si potrošači mogu priuštiti vrlo je širok, a na tržištu su dostupne brojne i raznolike vrste ribe.

Udio bjelančevina u ribi ovisi o brojnim biološkim i ekološkim okolnostima (dobi, spolu i reproduktivnoj zrelosti ribe, uvjetima prehrane, itd.), no za razliku od udjela masti, udio bjelančevina u ribljem mesu je postojan bez obzira na sezonske varijacije vezane uz hranidbene i reproduktivne cikluse, tako da su razlike među ribljim vrstama u tom pogledu tek neznatne. U nemasnoj ribi udio bjelančevina iznosi 1 % dok u ribi s većim udjelom masti raste do 30 %. Udio masti u pravilu određuje vrijednosti sirove ribe i njezin okus te se ribu temeljem udjela masti u mesu može podijeliti u nekoliko skupina: nemasnu ribu u kojoj udio masti ne premašuje 2 – 4 %; polumasnu ribu u kojoj se udio masti kreće od 4 do 8%, masnu ribu u kojoj je udio masti veći od 8 % te izrazito masnu ribu u kojoj udio masti premašuje 15 %. Komarča i lubin spadaju u polumasnu ribu.

S obzirom na raspodjelu masti ribu se još dijeli i na plavu i bijelu ribu. U plave se ribe mast pohranjuje u adipocitima cijeloga tijela, a u bijele ribe u jetri i trbušnoj šupljini. U bijeloj je ribi postotak masti nizak, napose u mesu u kojemu iznosi 1 %, od čega 90 % čine strukturne masti ili fosfolipidi. Iako je ukupni udio nezasićenih masnih kiselina u bijeloj ribi niži, on ima veći udio u ukupnom sadržaju masti negoli je to slučaj u masnoj ribi (primjerice, 37 % u odnosu na 17 %), no zbog ukupno većeg udjela masti u ribi iz uzgoja u odnosu na divlju ribu, ovakvi proizvodi predstavljaju vrijedan prehranbeni izvor omega-3 masnih kiselina.

Prosječni udio vode u mesu masne ribe iznosi oko 70 %, no u pojedinim primjeraka određenih vrsta može se povremeno kretati između 30 i 90 %. U mišićju svježe ribe voda je čvrsto vezana na strukturne bjelančevine, no nakon duljeg čuvanja na hladnom ili duljeg smrzavanja bjelančevine djelomično gube svoju sposobnost zadržavanja vode te se dio vode koji sadrži otopljene tvari gubi kapanjem. Primjerice, iz smrznute ribe čuvane na previsokoj temperaturi voda će obilno kapati što će posljedično narušiti njezinu kvalitetu. Kako se bliži vrijeme mrijesta, udio vode u živoj ribi obično raste, a udio bjelančevina opada. Količina ugljikohidrata u mišićju ribe u pravilu je premala da bi bila od ikakvoga značaja za ljudsku prehranu. U bijele ribe ona obično iznosi manje od 1 %, no u tamnom mišićju nekih vrsta masne ribe ponekad može iznositi do 2 %. Udio pepela u škrgama, glavi i ribljem kosturu odražava se u udjelu minerala u različitim ribljim vrstama.

U Tablici 4.1. prikazan je približni osnovni sastav lubina i komarče iz uzgoja dobiven kao rezultat naših ranijih istraživanja provedenih na ovim dvjema vrstama uzgojenim na različitim lokacijama u Jadranskom moru.

Tablica 4.1. Osnovni kemijski sastav lubina (*Dicentrarchus labrax*) i komarči (*Sparus aurata*) uzgojenim u Jadranskom moru (Pleadin isur., 2017)

Parametar	Lubin	Komarča
Voda (%)	70,81 ± 3,28	70,16 ± 2,50
Bjelančevine (%)	19,22 ± 1,46	19,09 ± 0,33
Masti (%)	9,11 ± 3,06	10,48 ± 3,08
Pepeo (%)	1,21 ± 0,02	1,24 ± 0,07
Ugljikohidrati (%)	0,10 ± 0,01	0,08 ± 0,02



Destilacija i titracija pri određivanju udjela bjelančevina po Kjeldahl-u

4.3. Masne kiseline

Općenito postoje tri vrste masnih kiselina (FAs; od eng. *Fatty Acids*): zasićene (SFAs; od eng. *saturated fatty acids*), jednostruko nezasićene (MUFAs; od eng. *monounsaturated fatty acids*) i višestruko nezasićene masne kiseline (PUFAs; od eng. *polyunsaturated fatty acids*). U PUFA spadaju omega-3 (koje se naziva i ω -3 ili *n*-3) i omega-6 (koje se naziva i ω -6 ili *n*-6) masne kiseline. SFA i MUFA sintetiziraju se endogeno, no PUFA se u ljudskome organizmu ne mogu sintetizirati iz drugih sastavnica niti jednim poznatim biokemijskim putem te ih je stoga nužno unijeti prehranom. Riblje masti sadrže 17 do 21 % zasićenih i 60 do 84 % nezasićenih masnih kiselina koje u svojoj strukturi sadrže pet ili šest dvostrukih kemijskih veza. Udio PUFA u lipidima slatkovodne ribe nešto je niži (70 %) od onoga u lipidima morske ribe (oko 88 %). Ribljoj masti svojstven je nizak udio *n*-6 masnih kiselina te je omjer *n*-3 i *n*-6 masnih kiselina u mesu morske ribe stoga visok i kreće se u rasponu od 5:1 do 10:1.

Rezultati provedenih istraživanja pokazuju da je u brojnih vrsta ribe iz uzgoja najzastupljenija masna kiselina oleinska (C18:1n-9, OA; od eng. *oleic acid*), nakon čega slijede linolna (C18:2n-6, LA; od eng. *linoleic acid*) i palmitinska kiselina (C16:0, PA; od eng. *palmitic acid*), no i da u udjelu masnih kiselina u različitim vrstama ribe postoje značajne razlike. Riba je prepoznata i priznata kao integralna sastavnica dobro uravnotežene prehrane zbog udjela *n*-3 PUFA dugih lanaca sadržanog u njoj. Dobro poznati hipotrigliceridemički učinak ovih kiselina u ljudskome organizmu može biti blagotvoran u smislu smanjenja postotka malih proaterogenih čestica lipoproteina niske gustoće (LDL; od eng. *low-density lipoprotein*), a možda i ublažavanja upalnih procesa povezanih s metaboličkim sindromom koji razvijaju oboljeli od šećerne ili kardiovaskularne bolesti. *n*-3 masne kiseline od značaja za ljudsku prehranu su α -linolenska (18:3, *n*-3; ALA; od eng. *α -linolenic acid*), eikosapentaenoična (20:5, *n*-3; EPA; od eng. *eicosapentaenoic acid*) i dokosaheksaenoična kiselina (22:6, *n*-3; DHA; od eng. *docosahexaenoic acid*). Ove tri PUFA masne kiseline imaju 3, 5, odnosno 6 dvostrukih kemijskih veza u ugljikovome lancu sačinjenom od 18, 20, odnosno 22 atoma ugljika.

Ljudski organizam ne može sintetizirati *n*-3 masne kiseline *de novo*, no *n*-3 masne α -linolenske kiseline koje sadrže 18 ugljikovih atoma mogu stvoriti nezasićene *n*-3 masne kiseline koje sadrže 20 (poput EPA) i 22 ugljikova atoma (poput DHA). Ove pretvorbe zbivaju se u kompeticiji s *n*-6 masnim kiselinama koje čine esencijalne blisko povezane kemijske analoge potekle od linolne kiseline (LA). I *n*-3 α -linolenska i *n*-6 linolna kiselina predstavljaju esencijalne hranjive tvari koje se mora unijeti hranom. Sintezu *n*-3 masnih kiselina duljih lanaca kompetitivno usporavaju *n*-6 analozi te je stoga akumulacija *n*-3 masnih kiselina dugih lanaca u tkivima učinkovitija kada se iste izravno unesu hranom ili pak kada količine kompetitivnih *n*-6 analoga uvelike ne premašuju one *n*-3 masnih kiselina.

Riba iz intenzivnoga uzgoja sadržavala je najniže razine EPA, DPA i DHA, ali i najviše razine *n-6* masnih kiselina. Općepoznata je činjenica da sastav masnih kiselina u ribljem mesu odražava sastav masnih kiselina u njihovoj prehrani. Visoke razine *n-6* masnih kiselina i znatne varijacije u udjelu nekih masnih kiselina, osobito linolne, koja se nalazi u mesu riba iz intenzivnoga uzgoja, upućuju na različitost mjere u kojoj su u prehranu riba uključeni biljni izvori hranjivih tvari. Posljednjih su desetljeća istraživanja kontinuirano usmjerena na razvoj održive hranidbe ribe koja može osigurati odgovarajuće razine *n-3* masnih kiselina dugih lanaca u ljudskoj prehrani.

Približan sastav masnih kiselina u lubinu i komarči uzgojenima na različitim lokacijama u Jadranskom moru prikazan je u Tablici 4.2. Približan udio ALA, EPA, DHA, arahidonske kiseline (AA; od eng. *arachidonic acid*) i LA, kao i indeksi nutritivne kvalitete koji se odnose na iste uzorke ribe, prikazani su u Tablicama 4.3. i 4.4.

Tablica 4.2. Sastav masnih kiselina u lubinu (*Dicentrarchus labrax*) i komarči (*Sparus aurata*) uzgojenih u Jadranskom moru (Pleadin i sur., 2017)

Masne kiseline (%)	Lubin	Komarča
SFA-e	23,93 ± 2,13	21,24 ± 3,25
MUFA-e	51,82 ± 2,45	54,66 ± 3,74
PUFA-e	24,25 ± 2,30	24,10 ± 1,38
Ukupne <i>n-6</i>	15,74 ± 2,06	16,87 ± 0,37
Ukupne <i>n-3</i>	8,51 ± 1,29	7,23 ± 1,48

Rezultati su iskazani kao srednje vrijednosti ± standardna devijacija (relativna količina FA - % od ukupnog sadržaja masnih kiselina u jestivom mišićnom dijelu ribe); SFA, zasićena masna kiselina; MUFA, jednostruko nezasićena masna kiselina; PUFA, višestruko nezasićena masna kiselina

Tablica 4.3. Približni udjeli najvažnijih masnih kiselina u lubinu (*Dicentrarchus labrax*) i komarči (*Sparus aurata*) uzgojenim u Jadranskom moru (Pleadin i sur., 2017)

Masne kiseline (g/100 g)	Lubin	Komarča
ALA	0,25 ± 0,04	0,30 ± 0,10
EPA	0,16 ± 0,04	0,11 ± 0,06
DHA	0,25 ± 0,08	0,21 ± 0,11
EPA + DHA	0,41 ± 0,11	0,32 ± 0,16
AA	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,01
LA	1,22 ± 0,17	1,52 ± 0,06

Rezultati su iskazani kao srednje vrijednosti ± standardna devijacija (g masne kiseline/ 100 g jestivog mišićnog dijela ribe); ALA, *alfa-linolenska kiselina*; EPA, eikosapentaenoična kiselina; DHA, dokosaheksaenoična kiselina; AA, arahidonska kiselina; LA, linolna kiselina

Tablica 4.4. Srednje vrijednosti indeksa nutritivne kvalitete lubina (*Dicentrarchus labrax*) i komarče (*Sparus aurata*) uzgojenih u Jadranskom moru (Pleadin i sur., 2017)

Parametar	Lubin	Komarča
n-3/n-6	0,55 ± 0,11	0,43 ± 0,09
PUFA/SFA	1,02 ± 0,17	1,15 ± 0,19
AI	0,35 ± 0,05	0,32 ± 0,07
TI	0,38 ± 0,04	0,35 ± 0,06
HH	3,34 ± 0,55	3,94 ± 1,03
FLQ	4,53 ± 1,25	3,06 ± 1,55

Rezultati su iskazani kao srednje vrijednosti ± standardna devijacija; *n-3*, omega-3 masne kiseline; *n-6*, omega-6 masne kiseline; SFA, *zasićena masna kiselina*; PUFA, *višestruko nezasićena masna kiselina*; EPA, *eikosapentaenoična kiselina*; DHA, *dokosaheksaenoična kiselina*; AI, *aterogeni indeks*; TI *trombogeni indeks*; HH omjer hipo- i hiperkolesterolemika, FLQ, *kvaliteta lipida sadržanih u ribljem mesu* (od eng. *Flesh Lipid Quality*)



Plinski kromatograf s plameno-ionizacijskom detekcijom (GC-FID) za ispitivanje sastava masnih kiselina

4.4. Minerali

Riba je iznimno bogat izvor ne samo minerala poput kalija, fosfora, natrija i kalcija, već i nekih mikroelemenata. Bioraspoloživost minerala sadržanih u ribi je velika što znači da ih organizam lako apsorbira. Varijacije njihova sadržaja usko su pove-



Atomska apsorpcijska spektrometrija (AAS) za određivanje minerala

zane sa sezonskim i biološkim razlikama, primjerice vrstom i veličinom ribe, omjerom tamnih i bijelih mišića, dobi, spolom i reprodukcijom zrelošću ribe, područjem izlova ili uzgoja, metodom obrade ribe i njezinim izvorom prehrane te uvjetima u okolišu u smislu kemijskoga sastava vode, njena saliniteta, temperature i koncentracije zagađivača. Provedena istraživanja pokazala su da su najvažniji makro- i mikroelementi sadržani u lubinu i komarči kalij, fosfor, kalcij, natrij, magnezij, jod, željezo, cink, mangan i selen (Tablica 4.5.). U mineralnom sastavu za koji je utvrđeno da ga čini 14 minerala dominirali su cink i željezo s oko 80 % ukupnoga sadržaja minerala u tragovima kako u lubinu i komarči iz uzgoja, tako i u divljim primjercima ovih dviju vrsta ribe.

4.4.1. Kalij i fosfor

Kalij je elektrolit koji ostvaruje međudjelovanje s natrijem kao jednim od glavnih elektrolita u organizmu u cilju provođenja živčanih impulsa, uz još niz drugih funkcija u stanicama. *Fosfor* ima važnu ulogu u kostima i staničnim membranama kao sastavnica fosfolipida od kojih je građen membranski lipidni dvosloj. Uz navedeno, fosfor je i sastavnica brojnih intracelularnih spojeva, poput nukleinskih kiselina, nukleoproteina i organskih fosfata. Manjak fosfora u organizmu dovodi do poremećaja mišićne funkcije, metaboličke acidoze, encefalopatije i promjene u mineralizaciji kostiju, ali i do srčanih, dišnih, neuroloških i metaboličkih poremećaja. U nekoliko se publikacija navodi da su riba i plodovi mora bogat izvor fosfora te da njegova prosječna koncentracija u ribi iznosi 204 do 230 mg/100 g.

4.4.2. Kalcij

Kalcij je nužan za formiranje i mineralizaciju kostiju te uredno funkcioniranje mišića i živčanoga sustava. Najveći dio kalcija sadržanog u organizmu nalazi se u kostima, a oko 1 % se koristi za provođenje živčanih impulsa i kontrakcije mišića nužnih za održavanje vitalnih funkcija i mobilnost. Kalcij sudjeluje u proteinskom strukturiranju RNK i DNK te utječe na genetičku strukturu i genetičke mutacije koje se u organizmu zbivaju tijekom neprestane mijene stanica. Unos kalcija, fosfora i fluora veći je kada se jede malu ribu zajedno s kostima nego kad se riblje kosti prilikom konzumacije odbace. Manjak kalcija u male djece može biti povezan s rahitisom, a u odraslih osoba i osoba starije životne dobi s osteomalacijom („smekšavanjem“ kostiju).

4.4.3. Cink

Što se tiče mikroelemenata, važnu ulogu u rastu i razvoju te urednom funkcioniranju imunološkoga sustava i zdravlju kože ima *cink*. Cink ima i ulogu u diobi i rastu stanica, zacjeljivanju rana i razgradnji ugljikohidrata, a nužan je za osjet mirisa i okusa. Njegov manjak povezan je, između ostaloga, s usporenim rastom, dermatološkim poremećajima i ćelavljenjem. Visokoproteinske namirnice poput mesa i ribe sadrže najveće količine cinka koji se iz njih lako apsorbira. Dokazano je da konzumacija masne ribe osigurava značajne količine cinka.

4.4.4. Željezo

Željezo ima važnu ulogu u sintezi hemoglobina u crvenim krvnim stanicama koji je pak važan za transport kisika u sve dijelove tijela te je njegov manjak povezan s anemijom, poremećajem moždane funkcije, a u dojenčadi sa smanjenom sposobnošću učenja i poremećajima ponašanja. Zbog značaja željeza za uredno funkcioniranje imunološkoga sustava njegov manjak može biti povezan i s povećanim rizikom od infekcije. Iako riba u usporedbi s drugim namirnicama životinjskoga podrijetla sadrži manje željeza nego crveno meso, željezo sadržano u bijeloj ribi dobro se apsorbira te takva riba predstavlja koristan izvor željeza.

4.4.5. Jod

Jod je važan zbog hormona koji reguliraju tjelesni metabolizam, a u djece je nužan za rast i uredan mentalni razvoj. Manjak joda može dovesti do gušavosti (povećanja štitne žlijezde), a u djece do mentalne retardacije (kretenizma). Riba spada u jedan od malobrojnih pouzdanih izvora joda.

4.4.6. Magnezij

Glavna karakteristika *magnezija* je njegovo sudjelovanje u više od 300 enzimskih reakcija, a od ključnoga je značaja za pretvorbu vitamina D u njegov biološki aktivni oblik koji potom organizmu pomaže da apsorbira i koristi kalcij.

4.4.7. Selen

Selen je sastavnica nekih enzima koji štite organizam (stanice) od štetnih učinaka slobodnih radikala koji nastaju tijekom oksidacije. Selen je nužan i za korištenje joda u procesu stvaranja hormona štitnjače te funkcioniranje imunološkoga sustava. Uz navedeno, dokazano je da je bioraspoloživost selena i selenita podrijetlom iz ribe velika i da premašuje onu selena iz kvasca. Riba je iznimno bogat izvor selena te obrok od 100 g ribe može namiriti otprilike polovinu preporučenoga dnevnoga unosa ovog minerala.

Tablica 4.5. Mineralni sastav lubina i komarče uzgojenih u Egejskom moru (Özden i Erkan, 2008)

	Lubin (mg/kg)	Komarča (mg/kg)
Kalij	4 601,03 ± 0,07	3 911,39 ± 0,08
Fosfor	3 749,80 ± 0,41	3507,38 ± 0,03
Natrij	775,26 ± 0,15	291,14 ± 0,05
Kalcij	616,50 ± 0,51	195,15 ± 0,40
Jod	343,30 ± 0,03	517,00 ± 0,03
Magnezij	325,77 ± 0,05	219,41 ± 0,04
Željezo	25,77 ± 0,04	224,68 ± 0,05
Cink	2,89 ± 0,02	1,08 ± 0,05
Mangan	0,54 ± 0,09	6,47 ± 0,08
Selen	0,29 ± 0,01	0,24 ± 0,03

4.5. Vitamini

Sadržaj vitamina u ribi varira ovisno o vrsti i dobi ribe, sezoni i lokacijama izlova, a u ribe iz uzgoja i o njezinoj prehrani. Poznato je da plodovi mora sadrže vitamine A, D, E, tiamin, riboflavin, niacin, B6, pantotensku kiselinu, B12 i zanemarive količine vitamina C. Dostupni rezultati o količinama vitamina u ribi općenito su oskudni, no među dostupnima su i rezultati analize lubina i komarče te su neki od njih prikazani u Tablici 4.6.

4.5.1. Vitamin A

Vitamin A podrijetlom iz ribe organizam brže apsorbira nego onaj iz namirnica biljnoga podrijetla. Što se tiče ribe, masna riba sadrži više vitamina A od nemasne ribe.

Istraživanja su pokazala da je u djece mlađe od 5 godina, čiji je status vitamina A uređan, smanjena smrtnost. Vitamin A također je potreban za dobar vid i rast kostiju. U nekim istraživanjima vitamin A u mesu lubina nije utvrđen, što je objašnjeno time da se ovaj vitamin u većim količinama nalazi u ribljem ulju i jetri. U zrejoj se ribi oko 90 ili više % ukupne količine vitamina A obično odlaže u jetri. Kako sušenje ribe na suncu uništava veći dio dostupnoga vitamina A, nužno je prikloniti se drugim metodama obrade kako bi se ovaj vitamin sačuvalo. U našim je istraživanjima utvrđeno da prosječni sadržaj vitamina A u lubinu iznosi $12,9 \pm 6,6 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, a u komarči $4,3 \pm 1,2 \mu\text{g}/100 \text{ g}$.

4.5.2. Vitamin E

Prirodno stvoreni *vitamin E* javlja se u osam kemijskih oblika (α , β , γ i δ -tokoferol i α , β , γ i δ -tokotrienol) koji se razlikuju po svojoj biološkoj aktivnosti. Kemijski oblik vitamina E koji je do sada najviše izučavan jest α -tokoferol i to stoga što je njegova bioraspoloživost najveća i što predstavlja najvažniji liposolubilni antioksidans koji stanične membrane štiti od oksidacije time što reagira s lipidnim radikalima koji nastaju u lančanoj reakciji peroksidacije lipida. Time se uklanjaju prijelazni oblici slobodnih radikala i sprječava nastavak oksidacije. U ljudi oštećenja nastala djelovanjem slobodnih radikala igraju ulogu u patogenezi nekoliko bolesti, uključujući karcinom, aterosklerozu, malariju, reumatoidni artritis i neurodegenerativne bolesti. Različiti su autori izvijestili da se sadržaj vitamina E u jestivim dijelovima ribe kreće od 0,2 do 270 mg/100 g mokre težine. U našim smo istraživanjima utvrdili da srednja vrijednost sadržaja vitamina E u lubinu iz Jadranskoga mora iznosi $1,9 \pm 0,4 \text{ mg}/100 \text{ g}$, a u komarči $1,05 \pm 0,3 \text{ mg}/100 \text{ g}$.

4.5.3. Vitamin D

Vitamin D sadržan u ribljem ulju od presudnoga je značaja za rast kostiju stoga što je ključan za apsorpciju i metabolizam kalcija. Uz navedeno, ima i ulogu u funkcioniranju imunološkoga sustava te može zaštititi od razvoja karcinoma. Masna riba najbolji je izvor prirodnoga vitamina D. Oblik u kojemu se vitamin D nalazi u ribi jest vitamin D3 (kolekalciferol), što je ujedno i oblik ovoga vitamina koji se u koži proizvodi iz 7-dehidrokolesterola pri izlaganju ultraljubičastoj svjetlosti. Literaturni podaci pokazuju da sadržaj vitamina D u različitim vrstama ribe varira u rasponu od 0,5 do 30 mg/100 g ribljeg mišića.

4.5.4. Skupina B vitamina

Riba je i bogat izvor *B vitamina* i može uvelike doprinijeti unosu ove skupine vitamina prehranom, što je slučaj i sa crvenim mesom. Skupina B vitamina odgovorna je za pretvorbu hrane u energiju do koje dolazi u stanicama tijela, a može pospješiti i funkcioniranje živčanoga tkiva. Za pantotensku je kiselinu utvrđeno da sudjeluje u temeljnim

biokemijskim reakcijama koje se zbivaju u životinjskim stanicama čineći dio koenzima A. U najvećim ga se količinama nalazi u jajnicima, a potom u pravilu u tamnom mesu i jetri, no u bijeloj je ribi oskudan. Razina riboflavina najviša je u metabolički aktivnim tkivima, posebice u mrežnici ribljege oka, melaninu u koži, tamnom mesu i pelagičnim vrstama. Smatra se da visoku razinu niacina u ribi valja pripisati velikoj količini masnoga tkiva u ribljem mesu te je stoga sadržaj niacina nađen u masnoj ribi bio veći od onoga u mesu nemasne ribe. Sadržaj folne kiseline u pravilu je vrlo nizak, a tjelesni organi ribe kakvi su jetra, bubreg i slezena sadrže više folne kiseline nego njeno bijelo i tamno meso.

Tablica 4.6. Sadržaj vitamina u lubinu i komarči

Vitamin	Lubin ^a (mg/kg)	Komarča ^b (mg/kg)
Tiamin	0,46 ± 0,02	n.a.
Riboflavin	0,16 ± 0,01	n.a.
Folna kiselina	0,06 ± 0,00	n.a.
Niacin	12,00 ± 0,00	n.a.
Askorbinska kiselina	12,95 ± 0,05	n.a.
Pantotenska kiselina	3,20 ± 0,00	n.a.
Vitamin E	6,90 ± 0,10	3,10- 6,00
Vitamin A	n.d.	0,27- 0,60
Vitamin D	n.a.	0,98- 1,70

^a Lubin (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) uzgojen u Crnome moru (Kocatepe i Turan, 2012.)

^b Komarča (*Sparus aurata* L., 1758) uzgajana u Crnome moru kroz četiri sezone (Öztürk i sur., 2019.) n.a. – nije analizirano; n.d. – nije detektirano

Literatura:

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, 145–150.

Custódio, P.J., Pessanha, S., Pereira, C., Carvalho, M.L., Nunes, M.L. (2011) Comparative study of elemental content in farmed and wild life sea bass and gilthead bream from four different sites by FAAS and EDXRF. *Food Chemistry*, 124, 367–372.

FAO (2018) The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

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, 1514–1518.

Güner, S., Dincer, B., Alemdag, N., Colak, A., Tüfekci, M. (1998) Proximate composition and selected mineral content of commercially important fish species from the Black Sea. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 78, 337–342.

Higashi, H.: Vitamins in fish-with special reference to edible parts. In: Borgstrom, G. (Ed.): Fish as food. Volume I. Production, biochemistry, and microbiology. New York: Academic Press, 1961, pp. 411–463.

Khalili Tilami, S., Sampels, S. (2018) Nutritional Value of Fish: Lipids, Proteins, Vitamins, and Minerals. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26, 243-253.

Kocatepe, D., Turan, H. (2012) Chemical composition of cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus 1758) muscle. *Journal of Food and Nutrition Research*, 51, 33–39.

- Mattila, P., Piironen, V., Uusi-Rauva, E., Koivistoinen, P. (1995) Cholecalciferol and 25-hydroxycholecalciferol contents in fish and fish products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 8, 232-243.
- Özden, Ö. and Erkan, N. (2007) Comparison of biochemical composition of three aqua cultured fishes (*Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata*, *Dentex dentex*). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59, 545- 557.
- Öztürk, D.K., Baki, B., Karayücel, İ., Öztürk, R., Gören, G.U., Karayücel, S. (2019) Determination of seasonal vitamin and mineral contents of sea bream (*Sparus aurata* L., 1758) cultured in net cages in Central Black Sea region. *Biological Trace Element Research*, 187, 517–525.
- Pateiro, M., Paulo, E., Munekata, S., Rubén Domínguez, Min Wang, Francisco J. Barba, Roberto Bermúdez and José M. Lorenzo (2020) Nutritional Profiling and the Value of Processing By-Products from Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*). *Marine Drugs*, 18, E101.
- Pleadin, J., Lešić, T., Krešić, G., Barić, R., Bogdanović, T., Oraić, D., Vulić, A., Legac, A., Zrnčić, S. (2017) Nutritional quality of different fish species farmed in the Adriatic Sea. *Italian Journal of Food Sciences*, 29, 537-549.
- Polat, A., Özogul, Y., Kuley, E., Özogul, F., Özyurt, G., Şimşek, A. (2013) Tocopherol content of commercial fish species as affected by microwave cooking. *Journal of Food Biochemistry*, 37, 381–387.
- Valente, L.M.P., Cornet, J., Donnay-Moreno, C., Gouygou, J.P., Bergé, J.P., Bacelar, M., Escórcio, C., Rocha, E., Malhão, F., Cardinal, M. (2011) Quality differences of gilthead sea bream from distinct production systems in Southern Europe: Intensive, integrated, semi-intensive or extensive systems. *Food Control*, 22, 708-717.
- Valfrè, F., Caprino, F., Turchini, G.M. (2003) The health benefit of seafood. *Veterinary Research Communications*. 27 (Suppl. I): 507.

5. DOBROBITI RIBE U LJUDSKOJ PREHRANI

Greta Krešić,

*Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu, Katedra za hranu i prehranu,
Sveučilište u Rijeci*

5.1. Uvod

Zdravlje danas predstavlja megatrend koji određuje ponašanja potrošača i koji je doveo do razvoja specifične tržišne niše nazvane LOHAS (od eng. *Lifestyles of Health and Sustainability*, u hrvatskom prijevodu: *Zdravi i održivi načini življenja*). Ovaj segment tržišta čini visokoobrazovana dobrostojeća populacija koja ima izrazito pozitivne stavove prema pravilnoj prehrani, održivosti i ekološkim inicijativama.

S obzirom na nizak udio masti te visokokvalitetne bjelančevine i brojne mikronutrijente poput vitamina i minerala koje riba sadrži, ona kao prehrambena namirnica predstavlja općeprihvaćeni element pravilne prehrane. Zbog visoke nutritivne vrijednosti konzumiranje ribe povezuje se sa zdravstvenim dobrobitima i pozitivnim učincima vezanim uz niz patoloških stanja (npr. kardiovaskularne bolesti, pretilost, metabolički sindrom, karcinom, duševno zdravlje, itd.).



Obrok pripremljen od fileta lubina

5.2. Konzumacija ribe sa stajališta potrošača

U odnosu na prve dostupne podatke iz 1961. godine kada je konzumacija ribe iznosila 9,0 kg/glavi stanovnika/godišnje, na globalnoj razini količina se više nego udvostručila te je prema podacima iz 2017. iznosila 20,4 kg/glavi stanovnika/godiš-

nje. Prosječni porast konzumacije ribe čak je nadmašio i onaj konzumacije mesa, a pritom i sam rast populacije. No, zbog različitih zemljopisnih, kulturoloških i gospodarskih čimbenika konzumacija ribe diljem svijeta i po pojedinim regijama znatno varira.

U zadnje četiri godine konzumacija ribe u Europskoj uniji zadržala se na stabilnoj razini od oko 23 kg po glavi stanovnika, no sa zamjetnim razlikama među državama članicama. Mediteranske zemlje, tj. Portugal (godišnja konzumacija 56,84 kg/glavi stanovnika), Španjolska (godišnja konzumacija 42,47, kg/glavi stanovnika), Francuska (godišnja konzumacija 34,37 kg/glavi stanovnika) i Italija (godišnja konzumacija 29,8 kg/glavi stanovnika) najveći su potrošači ribe, što se može objasniti njihovim tradicionalnim načinima prehrane koji uključuju i konzumaciju različitih vrsta ribe. Iako Hrvatska spada u skupinu mediteranskih zemalja, konzumacija ribe je ispod prosjeka EU-e i iznosi svega 18,7 kg/glavi stanovnika/godišnje. Konzumacija ribe po pojedinim državama varira ovisno o zemljopisnom položaju i u pravilu je veća u priobalnim područjima i zaleđu.

Konzumacija ribe uključuje složene izbore na koje utječe niz poticaja i prepreka. Glavni poticaji su pozitivan stav prema konzumaciji ribe i percepcija ribe kao poželjne hrane. Najvećim preprekama čine se nesklonost konzumaciji ribe zbog njezinih senzoričkih svojstava, nepraktičnost, zabrinutost vezana uz zdravstvene rizike, nesigurnost pri odabiru i pripremi ribe, previsoka cijena i nedostupnost ribe. Što se tiče preferencija potrošača vezanih uz odrednice kvalitete ribe, čini se da većina potrošača prednost daje ulovljenoj, domaćoj, svježoj i cjelovitoj, a ne uzgojenoj, uvezenoj, zamrznutoj i prerađenoj ribi.

Uz nutritivne i toksikološke aspekte, na konzumaciju ribe utječu još dva aspekta – ekološki i ekonomski. S ekološkoga stajališta, zabrinutost izaziva osiromašenje fonda ulovljene ribe uz dodatni stres koji riba trpi zbog klimatskih promjena i promjene staništa, što se posebice odnosi na prenapučena staništa osjetljivija na klimatsku varijabilnost. Procjenjuje se da će, želi li se namiriti osnovne potrebe za bjelančevinama rastuće svjetske populacije i osigurati sigurnost hrane, proizvodnju ribe iz uzgoja do 2050. godine trebati povećati za 50 %.

S ekonomskog stajališta, zbog njihova utjecaja na dostupnost, poželjnost i cijenu različitih vrsta ribe, ribarstvo i industrija prerade ribe, zajedno s drugim povezanim djelatnostima poput opskrbe trgovina i restorana, čine ključne odrednice vrste, količine i oblika konzumacije ribe. S porastom konzumacije ribe raste i prijetnja od prekomjernog izlova ribe i primjene neodrživih metoda akvakulture. Međutim, promjene ponašanja potrošača mogu uvelike pospješiti održivost izlova ribe i akvakulture u cjelini. Sukladno navedenom, poticanjem veće potražnje potrošača za ribom uzgojenom ili ulovljenom u ekološki prihvatljivijim okolnostima moguće je utjecati na odabir vrste ribe koju će se izlovljavati i uzgajati.

5.3. Nutritivne dobrobiti konzumacije ribe

Riba je integralni dio nekoliko modela pravilne prehrane, primjerice mediteranske prehrane, nordijske prehrane te pristupa sprječavanju hipertenzije prehranom, koje su listom povezane sa smanjenjem rizika obolijevanja od suvremenih nezaraznih bolesti. Niz blagotvornih učinaka konzumacije ribe rezultat je obilja nutrijenata u ribi i načina na koji ti nutrijenti ostvaruju međudjelovanje. No valja naglasiti da učestalost konzumacije ribe, konzumirana količina i vrsta konzumirane ribe predstavljaju važne čimbenike u procjeni pozitivnih učinaka konzumacije ribe u prevenciji bolesti i promicanju zdravlja.



Cjelovit obrok pripremljen od komarče

Nutrijenti sadržani u ribi koji imaju pozitivne učinke na ljudsko zdravlje su bjelančevine, taurin, vitamin D, *n-3* masne kiseline, selen i jod. Najveća je razlika u sastavu i koncentraciji nutrijenata između masne i nemasne ribe. Utvrđeno je da masna riba sadrži više *n-3* masnih kiselina i liposolubilnoga vitamina D dok nemasna riba sadrži veće koncentracije joda i taurina. Utvrđeno je da bjelančevine sadržane u ribi pozitivno utječu na osjećaj sitosti, pri čemu je osjećaj sitosti dugotrajniji, što rezultira smanjenjem apetita i manjim unosom hrane. Bjelančevine sadržane u ribi imaju visoku biološku vrijednost jer sadrže sve esencijalne aminokiseline u povoljnim omjerima. Riba predstavlja izvrstan izvor lizina i aminokiselina koje sadrže sumpor – metionina i cisteina. Sastav aminokiselina u kombinaciji s bioaktivnim peptidima mogao bi biti razlogom pozitivnih učinaka ribljih bjelančevina na metabolizam lipida.

Riba je bogat prehrambeni izvor taurina. Taurin je neproteinska aminokiselina koja u organizmu ima višestruku funkciju jer podržava neurotransmisiju u mozgu, pomaže stabilizirati stanične membrane, a uključena je i u transport iona kao što su ioni natrija, kalija, kalcija i magnezija.

Kada je riječ o morskim organizmima, višestruko nezasićene masne kiseline dugih lanaca (LC PUFA) razreda *n-3*, dakle eikosapentaenoična kiselina (EPA, 20:5 *n-3*) i dokosaheksaenoična kiselina (DHA, 22:6 *n-3*), prisutne su uglavnom u masnoj ribi, no nemasna riba je također izvor *n-3* masnih kiselina čija približna koncentracija iznosi 260 mg/100 g. *n-3* masne kiseline imaju širok spektar bioloških učinaka koji se očituju poboljšanjem vrijednosti krvnoga tlaka, poboljšanom srčanom funkcijom, poboljšanom funkcijom endotela, većom elastičnošću arterija i boljom vaskularnom reaktivnošću, smanjenjem stvaranja citokina u neutrofilima i monocitima, pospješanim metabolizmom lipida i lipoproteina te snažnim antitrombocitnim i protuupalnim djelovanjem.

Vitamin D, pripadnik skupine liposolubilnih vitamina, prvenstveno je važan za održavanje homeostaze kalcija, no ima i protuupalno djelovanje na stanice ljudskoga imunološkoga sustava. Nizak unos vitamina D povezan je i s neželjenim promjenama sadržaja masnih kiselina.

Što se tiče minerala, riba je vrijedan izvor joda i selena. Jod je važan zbog osiguravanja urednog funkcioniranja štitnjače u proizvodnji hormona. Poremećaji funkcije štitne žlijezde mogu imati značajan utjecaj na termogenezu, tjelesnu težinu i lipolizu u masnom tkivu. Hipotireoidizam je često povezan s porastom tjelesne težine, smanjenom termogenezom i usporavanjem metabolizma. Selen je pak kofaktor u antioksidacijskim reakcijama i metabolizmu hormona štitnjače.

5.4. Pozitivni zdravstveni učinci konzumacije ribe

U suvremenoj zapadnjačkoj prehrani kontinuirano raste unos *n-6* masnih kiselina dok unos *n-3* masnih kiselina pada. Posljedično navedenom, omjer *n-6:n-3* LC PUFA stalno raste te je od poželjnih 1:1 narastao na 15:1 ili više. Ove promjene povezane su s većom pojavnošću i većim rizikom obolijevanja od različitih bolesti (pretilost, kardiovaskularne bolesti i s njima povezane kronične upalne bolesti).

Kako upala predstavlja osnovni mehanizam koji određuje zdravstveno stanje ljudi u smislu zdravlja ili bolesti, kronična upala je jedan od glavnih uzroka niza kroničnih bolesti (primjerice koronarne bolesti srca, pretilosti, reumatoidnog artritisa, karcinoma, šećerne i duševnih bolesti). Upala je zaštitni odgovor organizma na prisutnost patogena, stranih tijela ili, u slučaju ozljede, na tkiva domaćina. Ishod ovoga procesa ovisi o ravnoteži između posrednika i osjetila koja ili pojačavaju upalni proces ili kontroliraju ozdravljenje. Prekomjerni unos *n-6* LC-PUFA-a potiče sintezu proinflammatoryh eikozanoida, a visok unos *n-3* LC-PUFA-i u odnosu na *n-6* LC-PUFA-e ima protuupalne učinke. Često se naglašava da je visoki sadržaj *n-3* PUFA-a najvažniji nutrijent sadržan u ribi stoga što može utjecati na proizvodnju lipidnih medijatora podrijetlom iz upalnih stanica, čime utječe na ishod upalnoga procesa. Protuupalni i imunomodulacijski učinci *n-3* PUFA-a organizam štite od niza kroničnih bolesti.

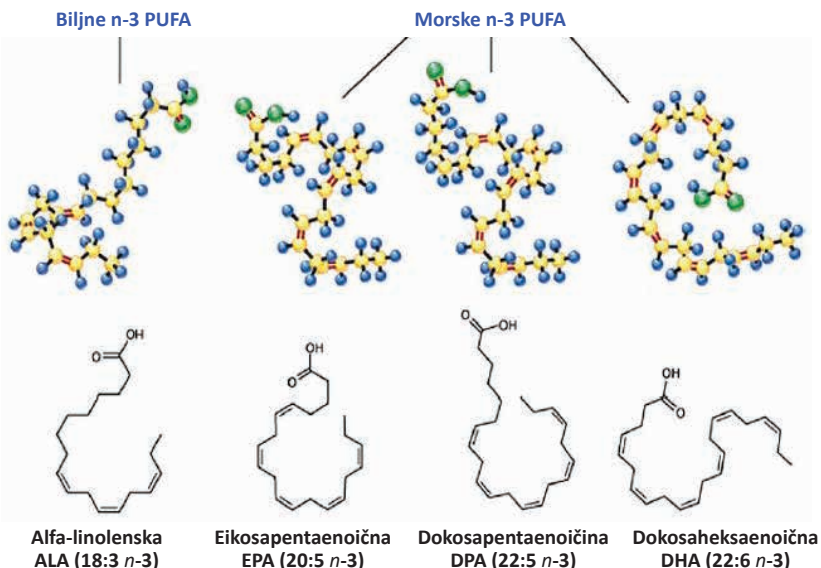
Temeljem meta-analize prospektivnih studija kohorti koje su izučavale povezanost konzumacije ribe s rizikom obolijevanja od kroničnih bolesti, došlo se do zaključka da

je konzumacija ribe povezana s manjim rizikom od smrtnosti svih uzroka, kao i manjim rizikom od smrtnosti kardiovaskularnih uzroka, zatajenja srca, koronarne bolesti srca, infarkta miokarda, depresije i raka jetre. U zdravih odraslih osoba koje konzumiraju više od 300 g ribe tjedno ova konzumacija neovisno je povezana s nižim razinama biljega upale.

5.4.1. Kardiovaskularne bolesti

Istraživanja zdravstvenih učinaka konzumacije ribe zauzela su istaknuto mjesto u znanstvenoj i stručnoj zajednici nakon opažanja da grenlandski Eskimi, čijoj je prehrani svojstven visok unos masti iz masne ribe i mesa tuljana, imaju niže stope obolijevanja od kardiovaskularnih bolesti. Ovo opažanje kosilo se s dotadašnjom percepcijom povezanosti unosa masti prehranom i obolijevanja od kardiovaskularnih bolesti.

Kardiovaskularne bolesti, glavni uzrok smrti diljem svijeta, odgovorne su za više od 40 % svih smrtnih ishoda uzrokovanih nezaraznim bolestima. Jasno je i utemeljeno dokazano da je način prehrane u okviru kojega se umjesto zasićenih masnih kiselina (SFA-a) povećava unos PUFA-a kardioprotektivan. Imajući to u vidu, valja napomenuti da u višestruko nezasićene masne kiseline sadržane u plodovima mora spadaju ranije spomenute EPA i DHA te dokosapentaenoična kiselina (DPA; od eng. *docosapentaenoic acid*) (22:5n-3), metabolit EPA-e dugih lanaca. Kako je alfa-linolenska kiselina (ALA) (18:3n-3) n-3 masna kiselina biljnoga podrijetla te je njezina endogena pretvorba u EPA-u, DHA-u i DPA-u izrazito ograničena, razine EPA-e i DHA-e u tkivima i cirkulaciji poglavito su predodređene izravnim unosom putem hrane.



Struktura n-3 PUFA-a (Mozaffarian i Wu, 2011.)

Blagotvorni učinci PUFA-a sadržanih u plodovima mora od značaja za smanjenje rizika od vaskularne bolesti mogu, između ostaloga, uključivati snižavanje razina triacilglicerola u plazmi, protuupalne učinke, smanjenje reaktivnosti trombocita i usporavanje rada srca te pozitivne pomake u inače narušenoj funkciji endotela.

Biološki učinci *n-3* PUFA-a variraju. EPA po svemu sudeći igra važniju ulogu u sprječavanju ateroskleroze dok su, kada je riječ o DHA-i, vjerojatno važni njezini antiaritmijski učinci. O biološkim učincima DPA-e zna se puno manje.

Rezultati studija potvrdili su da *n-3* PUFA-e sadržane u plodovima mora mogu biti povezane sa smanjenjem rizika od infarkta miokarda i ishemijskoga moždanog udara uzrokovanih aterosklerozom i bolešću perifernih arterija. Sadržaj gore navedenih kiselina u masnome tkivu smatra se najboljim biomarkerom unosa i metabolizma ovih masnih kiselina. Rezultati dodatnih kliničkih istraživanja u pravilu su potvrdili umjerene pozitivne učinke ovih kiselina na kardiovaskularne ishode, no postoje i proturječni navodi o učinkovitosti *n-3* LC-PUFA-a u smanjenju učestalosti infarkta miokarda, aritmije, srčane i nagle smrti, odnosno moždanoga udara.

Sustavni kritički pregled podataka o učinkovitosti konzumacije ribe u smanjenju vaskularnih čimbenika rizika, uključujući tu i kolesterol, trigliceride, krvni tlak i faktore upale, upućuje na to da konzumacija masne ribe (u količinama od 20 g do 150 g dnevno) može dovesti do osrednjeg smanjenja razina triglicerida u plazmi i povećanja razina lipoproteina visoke gustoće (HDL; od eng. *High-Density Lipoprotein*).

5.4.2. Pretilost i metabolički sindrom

Pretilost se smatra metaboličkim poremećajem, a njezina pojavnost u razvijenim zemljama u zadnja dva desetljeća naglo raste. Blaga upala je čimbenik razvoja metaboličkih poremećaja povezanih s pretilošću. Pretilost je povezana s većim rizikom od razvoja kroničnih bolesti kao što su inzulinska rezistencija, hipertenzija i dislipidemija koje čine glavne elemente metaboličkoga sindroma. S obzirom na učinkovitost *n-3* LC-PUFA-a u snižavanju razina triacilglireida u plazmi, visoki unos ovih kiselina mogao bi pozitivno djelovati na neke od ranije spomenutih karakteristika metaboličkoga sindroma povezanoga s pretilošću.

Naziv „metabolički sindrom“ (MetS), uvriježeno poznat i kao sindrom inzulinske rezistencije ili sindrom X, koristi se za opisivanje skupine različitih no međusobno povezanih čimbenika koji izravno povećavaju rizik od obolijevanja od šećerne bolesti tipa 2 i kardiovaskularnih bolesti. Metabolički je sindrom obilježen prisutnošću bilo koja tri od navedenih čimbenika rizika: hipertrigliceridemijom, abdominalnom pretilošću, povišenim krvnim tlakom, relativno niskom koncentracijom HDL-kolesterola te povišenom razinom glukoze određenom natašte. Povećavajući rizik od obolijevanja i smrtnog ishoda ovaj sindrom ima značajan javnozdravstveni utjecaj. Podaci upućuju na to da je MetS povezan s dvostruko većim rizikom obolijevanja od kardiovaskularnih bolesti te čak pe-

terostruko većim rizikom obolijevanja od šećerne bolesti tipa 2. Podaci također ukazuju na to da od ovoga sindroma u razvijenim zemljama boluje približno trećina odrasle populacije. Točna etiologija MetS-a još uvijek nije u potpunosti razjašnjena, no bez obzira na to, brojne presječne i longitudinalne studije ukazuju na to da je MetS usko povezan s inzulinskom rezistencijom, upalom izazvanom oksidativnim stresom, poremećajem endotelne funkcije i rizikom od kardiovaskularnih bolesti.

Uz unos energije na biomarkere MetS-a utječe nekoliko komponenti hrane različite bioraspoloživosti pri čemu se ostvaruju višestruka međudjelovanja. U gore navedene spadaju masti, riba, *n-3* masne kiseline, bjelančevine i neki vitamini (D, E, C). Rezultati presječnih studija i studija praćenja upućuju na to da konzumacija ribe može imati preventivnu ulogu u razvoju MetS-a i time poboljšati metaboličko zdravlje. Dokazi ukazuju na to da zaštitni učinci konzumacije ribe nisu povezani samo s konzumacijom masne ribe, kako se to obično navodi, već da i konzumacija nemasne ribe također može značajno doprinijeti smanjenju rizika od razvoja MetS-a. Intervencijske studije potvrdile su smanjenje pojavnosti MetS-a nakon konzumacije bijele nemasne ribe koje se pripisuje smanjenju tjelesne težine i obujma struka te snižavanju krvnoga tlaka. Uz navedeno, konzumacija jednoga obroka nemasne ribe tjedno povezana je sa snižavanjem razina triglicerida i povećanjem razina HDL-kolesterola. Učinci konzumacije nemasne ribe povezani su s dobi i spolom potrošača. Istraživanja su potvrdila izrazitije pozitivne učinke u starijih sudionika (u dobi od 60 do 70 godina) te u osoba muškoga spola u odnosu na osobe ženskoga spola. Da bi se smanjio rizik od razvoja metaboličkoga sindroma, konzumaciju ribe valja postupno povećavati za jedan obrok tjedno.

5.4.3. Karcinom

Epidemiološka istraživanja potvrdila su da se u populacijama koje žive u regijama u kojima se tradicionalno obilno konzumira riblje ulje bogato *n-3* masnim kiselinama bilježi smanjenje stope incidencije karcinoma. Višestruko nezasićene masne kiseline razreda *n-3* smatraju se tvarima koje ostvaruju antiproliferativni učinak i/ili induciraju apoptozu stanica raka. One mogu imati antikarcinogene učinke sprječavajući različite mehanizme uključene u razvoj karcinoma. Ovi mehanizmi uključuju promjenu sastava staničnih membrana i aktivnosti ključnih proteina, enzima i transkripcijskih faktora uključenih u apoptozu. Moguće je da neki od učinaka *n-3* masnih kiselina nisu izravno povezani sa samim kiselinama, već s njihovim metabolitima kao što su eikozanoidi i lipidni peroksidi. Uz navedeno, povoljan omjer *n-3/n-6* s predominacijom *n-3* nad *n-6* može se pokazati učinkovitim u dodatnom osiguravanju uspjeha kemoterapije.

Zbog protuupalnih svojstava *n-3* masne kiseline mogu imati zaštitni učinak kada je riječ o karcinomima usko povezanim s upalom, primjerice karcinomu jetre. Pozitivna povezanost utvrđena je i između konzumacije ribe i rizika od razvoja raka želuca i mijeloidne leukemije, dok je za potvrdu njenog utjecaja na pojavu drugih karcinoma po-

trebno provesti daljnja istraživanja. Povećanje količine konzumirane ribe od 20 g/dan smanjuje rizik od razvoja gastrointestinalnoga karcinoma za 2 %, rizik od razvoja raka jetre za 6 %, a rizik od razvoja raka mozga za 5 %.

5.5. Kognitivna funkcija i duševno zdravlje

Protuupalna svojstva *n-3* masnih kiselina mogu biti jedan od načina na koji ove kiseline poboljšavaju duševno zdravlje. Čini se da konzumacija većih količina DHA-e smanjuje rizik obolijevanja od depresije, shizofrenije, bipolarnoga poremećaja i poremećaja raspoloženja. S druge se pak strane pokazalo da gubitak DHA-e iz stanične membrane živčanih stanica može dovesti do poremećaja funkcije središnjega živčanog sustava u smislu podložnosti stresu, tjeskobi, razdražljivosti, poremećaja pamćenja i kognitivnih funkcija, disleksije i usporenih reakcija. DHA ima i važnu ulogu u zdravom starenju, čijenicom da pomaže spriječiti makularnu degeneraciju, Alzheimerovu bolest i druge poremećaje moždane funkcije time što poboljšava pamćenje i općenito osnažuje neuroprotekciju. EPA-u i DHA-u u kombinaciji u kojoj je njihov omjer > 2 (EPA/DHA > 2) može se smatrati učinkovitim načinom liječenja velikih depresivnih poremećaja.

5.6. Preporuke glede unosa ribe

Uobičajeno se preporučuje da se kao dio pravilne prehrane tjedno konzumira barem dva obroka (oko 240 g) različite ribe, što uključuje i jedan obrok masne ribe. Ovakav unos osigurat će prosječnu konzumaciju 250 mg EPA-e + DHA-e, pogotovo ukoliko se ribom zamijeni nezdraviju hranu. Europska agencija za sigurnost hrane (u eng. izvorniku: *European Food Safety Agency*) savjetuje konzumaciju 250 mg EPA-e + DHA-e, pri čemu se referentne vrijednosti preporučenoga dnevnoga unosa (RDI; od eng. *Recommended Dietary Intake*) EPA-e + DHA-e obično kreću u rasponu od 250 do 500 mg.

Literatura:

Bork, C.S., Mortensen, L.T., Hjelmgaard, K., Schmidt, E.B. (2020). Marine *n-3* fatty acids and CVD: new insight from recent follow-up studies and clinical supplementation trials, *Proceeding of the Nutrition Society*, 1-7.

Cardoso, C., Afonso, C., Bandarra, N.M. (2016). Dietary DHA and health: cognitive function ageing, *Nutrition Research Reviews*, 29; 281-294.

Carlucci, D., Nocella, G., De Devitiis, B., Viscecchia, R., Bimbo, F., Nardone, G. (2015). Consumer purchasing behaviour towards fish and seafood products. Patterns and insights from a sample of international studies, *Appetite*, 84; 212-227.

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) (2010). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans-fatty acids, and cholesterol, *EFSA Journal*, 8 1461

FAOSTAT (2017). Food Balance Sheets: fish and seafood per capita supply in 2017; <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>

Jameel, F., Agarwal, P., Arshad, M., Serajuddin, M. (2019). Omega-3 polyunsaturated fatty acids of fish and their role in cancerous cell lines: A review of in vitro studies, *Fisheries&Aquatic Life*, 27; 47-63.

Jayedi, A., Shab-Bidar, S. (2020). Fish consumption and the risk of chronic disease: An umbrella review of the meta-analysis of prospective cohort studies, *Advanced Nutrition*, 00; 1-11.

- Kim, Y.-S., Xun, P., He K (2015) Fish consumption, long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acid intake and risk of metabolic syndrome: a Meta-analysis, *Nutrients*, 7; 2085-2100.
- Li, N., Wu, X., Zhuang, W., Xia, L., Chen, Y., Wu, C., Rao, Z., Du, L., Zhao, R., Yi, M., Wan, Q., Zhou, Y. (2020). Fish consumption and multiple health outcomes: Umbrella review, *Trends in Food Science & Technology* – in press.
- Lorente-Cebrián, S., Costa, A.G.V., Navas-Carretero, S., Zabala, M., Martínez, J.A., Moreno-Aliaga, M.J. (2013). Role of omega-3 fatty acids in obesity, metabolic syndrome, and cardiovascular diseases: a review of the evidence, *Journal of Physiological Biochemistry*, 69; 633-651.
- Mori TA, Beilin LJ (2001). n-3 Fatty acids, blood lipids and cardiovascular risk reduction. *Current Opinion in Lipidology*, 12; 1211–1217.
- Mozaffarian, D. & Wu, J.H.Y. (2011). Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease, *Journal of American College of Cardiology*, 58; 2047-2067.
- Natto, Z.S., Yaghmoor, W., Alshaeri, H.K., VanDyke, T.E. (2019). Omega-3 fatty acids effects on inflammatory biomarkers and lipid profiles among diabetic and cardiovascular disease patients: A systematic review and meta-analysis, *Nature research*, 9; 18867.
- Tørris, C., Molin, M. & Småstuen, M. (2017). Lean Fish Consumption Is Associated with Beneficial Changes in the Metabolic Syndrome Components: A 13-Year Follow-Up Study from the Norwegian Tromsø Study. *Nutrients* 9, E247(2017).
- Tørris, C., Smastuen, M.C., Molin, M. (2018). Nutrients in fish and possible association with cardiovascular dose as risk factors in metabolic syndrome, *Nutrients*, 10; 952.

PARTNERI

ISTRAŽIVAČKI INSTITUTI

- LP** SVEUČILIŠTE UDINE
Odjel za znanost, hranu, poljoprivredu i zaštitu okoliša
- 1** HRVATSKI VETERINARSKI INSTITUT
- 2** SVEUČILIŠTE TRST
Odjel za prirodne znanosti
- 3** INSTITUT ZA OCEANOGRAFIJU I RIBARSTVO
- 4** EKSPERIMENTALNI ZOOPROFILAKTIČKI INSTITUT VENECIJA
- 5** SVEUČILIŠTE U RIJECI
Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu
- 6** TALIJANSKI NACIONALNI ODBOR ZA ISTRAŽIVANJA
Institut za biomolekularnu kemiju

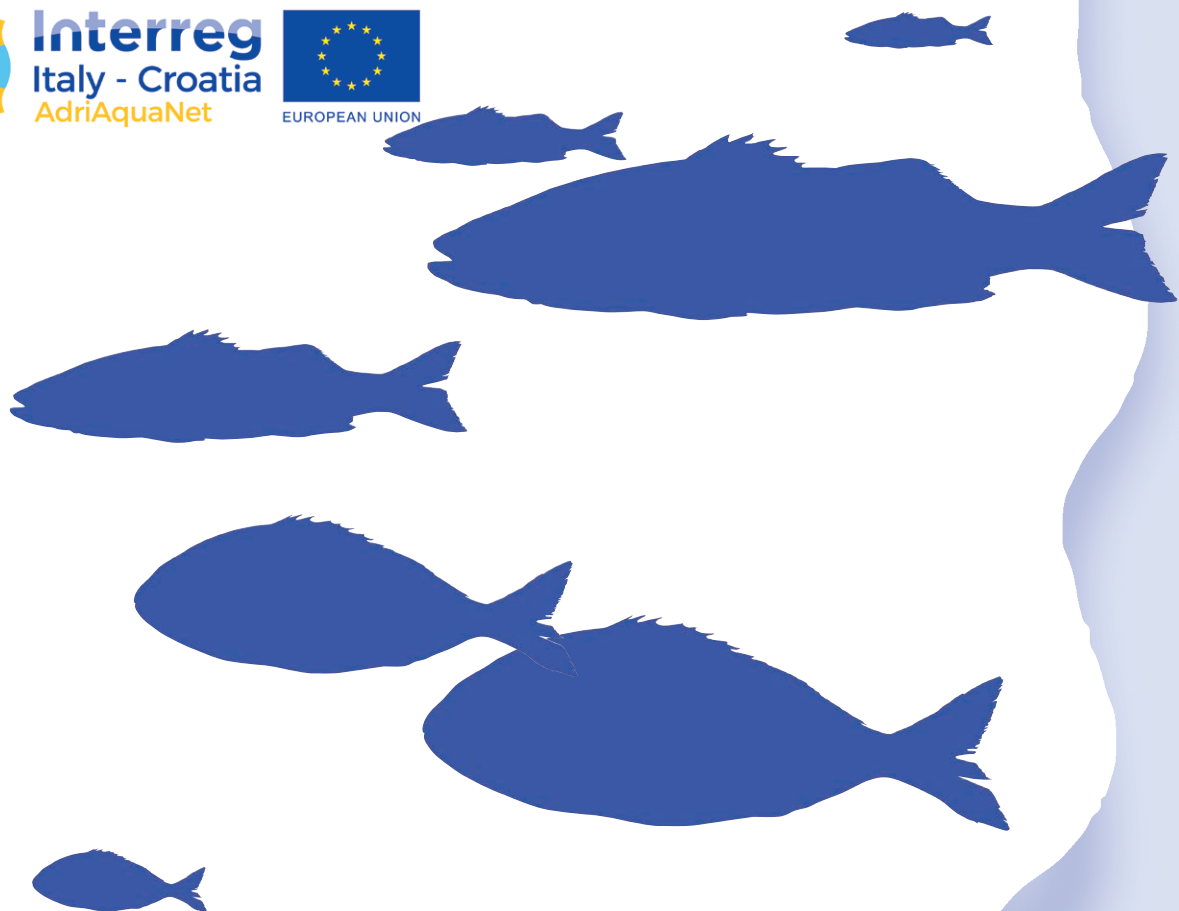
UDRUŽENJA

- 7** KLASTER MARIKULTURA

MALA I SREDNJA PODUZEĆA

- 8** FRIŠKINA d.o.o.
- 9** ITTICA CALDOLI
- 10** ORADA ADRIATIC d.o.o.
- 11** FRIULTROTA DI PIGHIN d.o.o.





Jadranska marikultura opskrbljuje visokokvalitetnim ribljim proizvodima lokalna tržišta ali i tržišta okolnih zemalja. Da bi se osigurao daljnji ekonomski razvoj ovog sektora uz okolišnu i društvenu održivost, znanstvenici i proizvođači s obje strane Jadrana; Italije i Hrvatske su pokrenuli projekt **“JAČANJE INOVACIJA I ODRŽIVOSTI U JADRANSKOJ AKVAKULTURI” – ADRIAQUANET.**

ADRIAQUANET KONZORCIJ je sastavljen od znanstvenika iz sedam istraživačkih institucija, četiri proizvodne organizacije i udruženja uzgajivača iz Italije i Hrvatske. Aktivnosti su financirane iz programa Interreg Italy-Croatia 2014-2020, do lipnja 2022. Koordinator konzorcija je prof. Marco Galeotti s Univerziteta u Udinama, Italija.

ZAJEDNIČKI SU DEFINIRALI TRI GLAVNA CILJA:

UZGOJ RIBA: unaprjeđenje uzgoja riba uvođenjem inovacija u tehnologiju hranidbe i zbrinjavanja otpadnih tvari.

ZDRAVLJE RIBA: jačanje otpornosti na bolesti primjenom novih cjepiva, probiotika i prirodnih lijekova. Primjena principa dobrobiti riba je strateška odrednica u preventivi pojave bolesti.

MARKETING: procjena kvalitete riba uzgojenih na uzgajalištima uz principe dobrobiti u ekološki povoljnim uvjetima temeljem analize higijenskih, senzoričkih i nutritivnih parametara te njena promocija kao razvoj i promocija novih proizvoda od ribe koji će zadovoljiti potrebe tržišta