

UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET VETERINARSKE MEDICINE

Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla

mr Slaven M. Grbić

**UPOREDNO ISPITIVANJE ODABRANIH
PARAMETARA KVALITETA MARINIRANE
SKUŠE PAKOVANE U VAKUUMU I
MODIFIKOVANOJ ATMOSFERI**

Doktorska disertacija

Beograd, 2014. godine

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF VETERINARY MEDICINE

mr Slaven M. Grbić

**Comparative study of selected quality parameters of
marinated mackerel packed in vacuum and modified
atmosphere**

PhD Thesis

Belgrade, 2014.

MENTOR

Dr Milan Ž. Baltić, redovni profesor

Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu
Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla

ČLANOVI KOMISIJE

Dr Milan Ž. Baltić, redovni profesor

Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu
Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla

Dr Vlado Teodorović, redovni profesor

Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu
Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla

Dr Mirjana Dimitrijević, docent

Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu
Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla

Dr Nataša Pavličević, naučni saradnik

Veterinarski specijalistički institut, Subotica

Dr Vesna Đorđević, naučni saradnik

Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Beograd

Datum odbrane doktorske disertacije

.....

UPOREDNO ISPITIVANJE ODABRANIH PARAMETARA KVALITETA MARINIRANE SKUŠE PAKOVANE U VAKUUMU I MODIFIKOVANOJ ATMOSFERI

Rezime

Mariniranje je jedan od starijih postupaka konzervisanja ribe i često se primenjuje u Evropi. Ovaj postupak se najčešće koristi za ribe sa većim sadržajem masti, kao što su sardina, skuša, haringa, a ne retko se koristi i za konzervisanje rakova i školjki. Uopšteno govoreći, održivost i bezbednost mariniranih proizvoda od ribe i plodova voda, u koji nije uključena toplotna obrada, zavisi od vrste organske kiseline koja se koristi za mariniranje i koncentracije soli. Poznato je da je pH niži od 4,5 dovoljan da se produži održivost ribe. Međutim, niske pH vrednosti marinade mogu da uzrokuju jak, kiseo ukus. Termin „marinada“ ili „marinirana riba“ se koristi za ribu koja se za mariniranje koristi kao sveža, odmrznuta ili samo soljena, a tretirana je sa jestivim organskim kiselinama, najčešće sirćetnom kiselinom. Marinirana riba se posle završenog mariniranja pakuje najčešće u vakuumu ili modifikovanoj atmosferi, čime se održivost marinirane ribe produžava. Ambalažiranje hrane, pa i ribe, ima za cilj da potrošačima pruži i osnovne informacije o ribi, a naročito o uslovima čuvanja i o roku trajanja. S tim u vezi, današnju prehrambenu industriju karakteriše posebno razvoj jednog njenog segmenta, a to je pakovanje hrane.

Cilj istraživanja u okviru ove doktorske disertacije je bio ispitivanje uticaja pakovanja soljene, odnosno marinirane ribe (skuše) u vakuumu i modifikovanu atmosferu na održivost i odabrane parametre kvaliteta. U eksperimentu je korišćena skuša konzumne veličine (mase od 350-400 grama) koja je obrađena na način uobičajen za industrijski objekat koji se bavi obradom ribe. Riba je obrađena tako da je za soljenje, mariniranje, odnosno, pakovanje korišćen primarno obrađen trup. Riba je podeljena u dve podgrupe, od kojih je jedna podgrupa tretirana samo u slanom rastvoru (10 % soli), a druga podgrupa marinirana u marinadi sa 10 % soli i sa 0,5 % sirćetne kiseline. Tretiranje ribe trajalo je dvadeset četiri sata. Prva podgrupa je podeljena u dve grupe od kojih je jedna pakovana u vakuum (prva grupa), a druga grupa u modifikovanu atmosferu (40 % CO₂+60 % N₂). Na isti način je podeljena i druga podgrupa i pakovana u vakuum (treća grupa), odnosno modifikovanu atmosferu (40 % CO₂+60 % N₂) (četvrta grupa). Svi uzorci su skladišteni pri istim kontrolisanim uslovima. Temperatura skladištenja je bila 4 °C. Na početku eksperimenta i na svakih deset dana, tokom pedeset dana, vršene su mikrobiološke

(ukupan broj bakterija, ukupan broj enterobakterija, broj psihrotrofa, broj anaerobnih bakterija, broj bakterija mlečne kiseline), hemijske (osnovni hemijski sastav, sadržaj ukupnog isparljivog azota, malondialdehid i histamina), fizičko-hemijske (pH vrednost i a_w vrednost) i senzorne analize. Osnovni hemijski sastav i a_w vrednost utvrđen je kod uzoraka uzetih nultog dana ispitivanja.

Soljenje, a posebno mariniranje, značajno utiče na promenu hemijskog sastava mesa ribe, budući da dolazi do značajnog smanjenja sadržaja vode, povećanja sadržaja masti i povećanja sadržaja pepela. Ovi postupci utiču i na smanjenja a_w vrednosti mesa ribe. U uzorcima marinirane ribe, a posebno u uzorcima ribe pakovane u modifikovanu atmosferu, utvrđen je značajno manji broj svih ispitivanih grupa bakterija u odnosu na uzorke koji su bili tretirani slanim rastvorom i koji su pakovani u vakuumu. Kod svih ispitivanih grupa uzoraka najveći porast zapažen je kod aerobnih mezofilnih bakterija a zatim kod psihrotrofnih bakterija. Povećanje broja enterobakterija bilo je najmanje izraženo kod svih ispitivanih grupa uzoraka. Porast broja enterobakterija je utvrđen do 40. dana a zatim smanjivao do kraja ispitivanja. Značajniji porast bakterija mlečne kiseline i broja anaerobnih bakterija zapažen je od tridesetog do pedesetog dana ispitivanja i bio je približno na istom nivou. Sadržaj ukupnog isparljivog azota bio je značajno veći kod uzoraka koji nisu marinirani i koji su pakovani u vakuumu. Kod ove grupe uzoraka na kraju ispitivanja sadržaj ukupnog isparljivog azota bio je iznad preporučene vrednosti za ovu vrstu ribe. Na povećanje sadržaja malondialdehida uticao je način pripreme ribe kao i način pakovanja. Sadržaj malondialdehida bio je najmanji u uzorcima marinirane ribe pakovane u modifikovanu atmosferu. Vrednost pH mesa ribe bila je od početka ispitivanja znatno manja kod mariniranih uzoraka u odnosu na uzorke koji su tretirani samo slanim rastvorom. Smanjenje pH vrednosti u toku skladištenja bilo je manje izraženo kod mariniranih uzoraka kako onih pakovanih u vakuum tako i onih pakovanih u modifikovanu atmosferu. Sadržaj histamina rastao je u uzorcima svih ispitivanih grupa uzoraka skuše, a bio je najizraženiji u uzorcima soljene skuše pakovane u vakuumu. Na kraju ispitivanja prosečan sadržaj histamina kod svih uzoraka bio je manji od propisanih maksimalno dozvoljnih količina histamina u mesu ribe. Senzorna ocena ukupne prihvatljivosti uzoraka skuše na kraju ispitivanja bila je statistički značajno veća kod uzoraka marinirane ribe, a uzorci soljene ribe pakovane u vakuum imali su na kraju ispitivanja senzornu ocenu ukupne prihvatljivosti manju od zadovoljavajuće.

Ključne reči: skuša, mariniranje, mikrobiološki status, hemijske i fizičko-hemijske osobine

Naučna oblast: Veterinarska medicina

Uža naučna oblast: Higijena i tehnologija mesa

UDK: 637.5.056

Comparative study of selected quality parameters of marinated mackerel packed in vacuum and modified atmosphere

Summary

The marinating process is one of the oldest preservation methods of fish, and is often used in Europe. This method is commonly used for preservation of the fish with a higher fat content, such as sardines, mackerel, herring, but for the crustaceans and molluscs as well. Generally, shelf life and safety of the marinated fish and seafood, without temperature treatment, depends on the type of organic acid which is used for marinating, and the concentration of salt. It is known that the pH values lower than 4.5 are sufficient to prolong the shelf life of the fish. However, the low pH values of the marinade may cause strong acidic taste. The terms marinade or marinated fish refer to fish products consisting of fresh, frozen, or salted fish or portions of fish treated with an edible organic acid, usually acetic acid. After completing marinating, fish is usually packed in vacuum or modified atmosphere, which is a way to prolong shelf life of marinated fish. The aim of food, including fish labelling is to provide consumers with key information about the fish, and especially on storage conditions and expiration date of the product. In this regard, nowadays, food industry in particular is characterized by the development of food packaging segment.

The aim of the study within this PhD thesis was to investigate the influence of packaging of salted and marinated fish (mackerel) in vacuum and modified atmosphere on the shelf life and selected quality parameters. In the experiment it has been used commercial size mackerel (a mass of 350-400 g), which is treated in the manner customary for industrial plant which deals with processing of fish. Fish is processed so that for salting, marinating, and packaging has been used primarily processed fish carcasses. The fish was divided into two subgroups, first which was treated only with saline (10% salt), and a second subgroup which was marinated in a 10% salt and 0.5% acetic acid. The fish was treated for twenty-four hours. The first sub-group is divided into two groups, one of which is packaged in a vacuum (the first group), and the second group in modified atmosphere (40% CO₂ + 60% N₂). In the same way the other sub-groups were divided

and packed in a vacuum (the third group), or a modified atmosphere (40% CO₂ + 60% N₂) (fourth group). All samples were stored under the same controlled conditions, and storage temperature was 4 ° C. At the beginning of the experiment and every ten days, during the fifty days, were conducted microbiological (total bacteria count, the total number of Enterobacteriaceae, the psychrotrophs number, the number of anaerobic bacteria, the number of lactic acid bacteria), the chemical (the basic chemical composition, the content of total volatile nitrogen, malondialdehyde and histamine), physico-chemical (aw value and pH value), and sensory analysis. Basic chemical composition and aw value was determined in samples taken on test day.

Salting and especially marination, significantly affects the change in the chemical composition of fish meat, since it leads to a significant reduction in water content, an increase in fat content and the content of ash. These processes affect the reduction of aw value of fish meat. In the samples of marinated fish, especially in the samples packaged in a modified atmosphere, it was determined significantly lower number of bacteria in the tested group compared to samples which were treated with salt solution, and which are packed under vacuum. In all tested groups of samples the highest increase was observed in the aerobic mesophilic bacteria followed by psychrotrophic bacteria, while increasing in the number of enterobacteria was least pronounced. Increase in the number of enterobacteria was determined till 40. day and then decreasing to the end of the study. Significant growth of lactic acid bacteria and the number of anaerobic bacteria was observed from the thirtieth to the fiftieth day of the study and it was approximately on the same level. The content of total volatile nitrogen was significantly higher in the samples which were marinated and were packed under vacuum. Within this group of samples at the end of examination the content of total volatile nitrogen was above the recommended value for this type of fish. The way of preparing fish and method of packaging were influenced on increase in malondialdehyde content. Malondialdehyde content was lowest in the samples of marinated fish packed in a modified atmosphere. Since the beginning the pH value of the fish meat was significantly lower in marinated samples compared to samples which were treated only with saline. The decrease of pH during storing was less pronounced in samples marinated and packaged in a vacuum as well as in those packaged in a modified atmosphere. The content of histamine increased in mackerel samples of all

the groups, and was most pronounced in samples of salted mackerel packed in vacuum. At the end of the study the average histamine content in all samples was less than regulated maximum allowed in fish meat. Sensory evaluation of total acceptability of samples of mackerel at the end of the study was significantly higher in samples of marinated fish, while samples of salted fish packed in vacuum had the sensory evaluation of the overall acceptability less than satisfactory.

Keywords: mackerel, marinating, microbiological status, chemical and physico-chemical properties

Scientific field: Veterinary Medicine

Field of academic expertise: Meat Hygiene and Technology

UDK number: 637.5.056

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Pregled literaturu.....	3
3. Cilj i zadaci ispitivanja.....	54
4. Materijal i metode.....	55
5. Rezultati ispitivanja.....	58
6. Diskusija.....	105
7. Zaključci.....	120
8. Spisak literature.....	122
Prilog	

1. UVOD

Riba čini značajan izvor animalnih proteina u ishrani stanovnika velikog dela sveta. Od godišnjeg ulova koji iznosi blizu 100 miliona tona oko 70 miliona tona koristi se u ishrani ljudi. U ishrani ljudi koristi se i oko 40 miliona tona ribe proizvedene u akvakulturi. Od ukupne količine ribe namenjene ishrani ljudi, nešto više od jedne četvrtine koristi se kao sveža riba, dok se ostala količina ribe konzervira na različite načine (zamrzavanje, soljenje, sušenje, dimljenje, proizvodnja konzervi). Skuša je jedna od deset vrsta riba čiji je ulov godišnje veći od milion tona, pa se, s obzirom na to, radi o komercijalno i ekonomski značajnoj vrsti ribe koja može da se nađe praktično u svim zemljama sveta. Skuša pripada skombroidnim vrstama riba, inače grupi masnijih riba. I pored toga što je značajan izvor proteina, bogata je nezasićenim masnim kiselinama, posebno omega-3 masnim kiselinama. Značaj ovih kiselina u ishrani ljudi je dobro poznat, pa se otuda skuša često preporučuje za prevenciju kardiovaskularnih oboljenja i dijabetesa.

Riba je poznata kao namirnica koja se kvari znatno brže nego meso stoke za klanje. Kvar ribe je složen proces u koji su uključeni hemijski, mikrobiološki i fizički mehanizmi. Enzimske i hemijske reakcije su najodgovornije za početni gubitak svežine ribe, dok aktivnost mikroorganizama izaziva kvar i od njih zavisi održivost ribe. Činilac koji značajno utiče na svežinu ribe je pH vrednost koja je kod ribe posle smrti iznad 6,0. Mišićno tkivo ribe sadrži male količine ugljenih hidrata (ispod 0,5 %) i posle smrti ribe stvaraju se male količine mlečne kiseline. U toku skladištenja ribe razlaganjem azotnih supstanci dolazi do povećanja pH vrednosti kod ribe. Porast pH vrednosti pospešuje rast bakterija, dolazi do gubitka svežine, a zatim i do kvara ribe. Pored toga, kvaru ribe doprinosi i prisustvo velikih količina neproteinskog azota, visoki sadržaj polinezasićenih masnih kiselina i prisustvo autolitičkih enzima. Za ocenu kvaliteta ribe u toku prerade i skladištenja koriste se mikrobiološke, fizičke, hemijske i senzorne analize koje su, uglavnom, standardizovane. Bakteriološka ispitivanja vezuju se za utvrđivanje ukupnog broja bakterija, ukupnog broja enterobakterija, psihrotrofa, listerija, salmonela, E. coli, stafilokoka, a kod nekih proizvoda kvasaca i plesni. Za dokaz kvara ribe i ispitivanje njenog kvaliteta fizičkim, odnosno hemijskim metodama dokazuju se razgradni proizvodi koji nastaju usled aktivnosti enzima, bakterija, kao i oksidativne aktivnosti. Najčešće se za dokaz kvara, odnosno procenu održivosti ribe, koristi ispitivanje pH vrednosti, sadržaj malondialdehida (MDA), sadržaj histamina i sadržaj ukupnog isparljivog azota (TNV-N). Kod proizvoda od ribe

utvrđuju se i a_w vrednost. Senzorna analiza se često koristi za ocenu svežine i kvara ribe. Senzorne osobine, koje karakterišu svežinu, odnosno kvar ribe, su jasno vidljive, ne samo za eksperte, već i za potrošače za koje su senzorne osobine i najvažnija karakteristika. Kvar ribe se može sprečiti preradom, konzervisanjem i pakovanjem. Ovi postupci omogućavaju čuvanje ribe i proizvoda od ribe za duže ili kraće vreme.

Mariniranje je jedan od starijih postupaka konzervisanja ribe i često se koristi u Evropi. Ovaj postupak se najčešće koristi za ribe sa većim sadržajem masti, kao što su to sardina, skuša, haringa, a često se koristi i za konzervisanje rakova i školjki. Uopšteno govoreći, održivost i bezbednost mariniranog proizvoda u koji nije uključena toplotna obrada zavisi od vrste organske kiseline koja se koristi za mariniranje i koncentracije soli. Poznato je da je pH niži od 4,5 dovoljan da se produži održivost ribe. Međutim, niske pH vrednosti marinade mogu da uzrokuju jak kiseo ukus. Termin „marinada“ ili „marinirana riba“ se koristi za ribu koja se za mariniranje koristi kao sveža, zamrznuta ili samo soljena, a zatim tretirana sa jestivim organskim kiselinama, najčešće sirćetnom kiselinom. Pri mariniranju mogu da se koriste i začini kao i ulja. Marinirana riba može da bude proizvod koji se za ishranu koristi bez dodate toplotne obrade, ali se, takođe, može koristiti i posle toplotne obrade. Prema tome, marinirana riba može da se svrsta u grupu gotovih proizvoda (ready-to-eat), a može da bude svrstana i u poluproizvode, što zavisi pre svega od količine soli i kiseline upotrebljene za mariniranje. Konzervišući efekat kod marinirane ribe zasniva se na kombinovanom delovanju kiseline i soli. Inhibitorski efekat ovih supstancija na bakterije i enzime povećava se sa povećanjem njihove koncentracije u marinadi. Mariniranje ne utiče samo na bakterije i enzime, već dovodi i do omekšavanja ribe, utiče na ukus, što sve rezultira karakterističnim mirisom i ukusom proizvoda. Na održivost marinirane ribe značajno utiče i temperatura čuvanja. Marinirana riba se najčešće skladišti pri temperaturama od 4 do 6 °C, pri čemu održivost zavisi od brojnih činilaca. Smatra se da marinirana riba može da se čuva pri +4 °C najviše do šest meseci. Marinirana riba se posle završenog mariniranja pakuje najčešće u vakuumu ili modifikovanoj atmosferi. Time se održivost marinirane ribe produžava.

Najpodesniji način stavljanja hrane u maloprodaju je pakovanje hrane. Razlog tome je sve zahtevniji potrošač koji traži hranu visokog kvaliteta, a kad je u pitanju riba traži svežu i bezbednu ribu. Taj zahtev se u velikoj meri postiže pakovanjem ribe u vakuumu ili u modifikovanoj atmosferi. Pakovanjem hrane omogućava se njena zaštita od dejstva bioloških, hemijskih i fizičkih opasnosti, zatim zaštita od oksidacije, odnosno održava odgovarajući kvalitet

koji zadovoljava potrošača. Ambalažiranje hrane, pa i ribe, ima za cilj i da potrošačima pruži i osnovne informacije o ribi, a naročito o uslovima čuvanja i roku trajanja. S tim u vezi, današnju prehrambenu industriju karakteriše posebno razvoj jednog njenog segmenta, a to je pakovanje hrane.

Pakovanje hrane u modifikovanoj atmosferi praktikuje se intenzivno u Evropi, Kanadi i SAD-u, a od nedavno i u azijskim zemljama. Za neke proizvode je pakovanje u modifikovanoj atmosferi postalo dominantan način pakovanja. Ono je sve zastupljenije kod pakovanja ribe. Potražnja ribe pakovane u modifikovanoj atmosferi je u stalnom porastu. Konzervišuće delovanje gasova primenjenih u pakovanju namirnica zasniva se na njihovoj sposobnosti da onemogućavanjem ili usporavanjem rasta i razmnožavanja mikroorganizama, utiču na zaustavljanje, odnosno usporavanje procesa razlaganja koje prouzrokuju mikroorganizmi ili fizičko-hemijski agensi koji dubinski menjaju proizvod čineći ga nepodobnim za konzumiranje.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Značaj ribe u ishrani ljudi

Prosečna potrošnja ribe po stanovniku u Srbiji iznosi 7 kg godišnje što je manje od evropskog proseka (24 kg). Potrošnja ribe u svetu značajno se povećala od 1995. godine, kada je svet počeo da shvata značaj hranljive vrednosti ribe (**Synodinou, D. 2000**). Kao što su se u poljoprivredi razvili mehanizmi i tehnologije, koji su imali za cilj da ojačaju useve, tako i u akvakulturi se nastoji da se proizvode riba sa boljim karakteristikama, kao što su otpornost na bolesti, brzina rasta i plodnost.

Do dan danas način proizvodnje ribe iz akvakulture oslonjen je na tradicionalni način genetskog poboljšanja. To znači da se selekcija riba - bazira na iskustvu. Izaberu se najbolje ribe za ukrštanje a često i "divlje" morske ribe.

Ribe su oduvek predstavljale značajan izvor proteina visoke biološke vrednosti raznim narodima a posebno onima koji su živeli blizu obale. Hranljiva vrednost ribe je veća pre mresta zato što tada sadrže veću količinu masti, koje su bogate fosfolipidima, dok njihov ukus se razlikuje u zavisnosti od vrsta i hrane koju konzumiraju. Generalno hemijski sastav mesa ribe liči na sastav mesa sisara i živine (**Kilibarda Nataša, 2006**).

Masti ribe se razlikuju od masti sisara po odnosu zasićenih i nezasićenih masnih kiselina. Više mono i poli nezasićenih masnih kiselina ima u mastima ribe nego u mastima sisara. Koeficijent svarljivosti masti sveže, zamrznute i dimljene ribe iznosi i do 90%, što predstavlja procenat masti ribe koje se mogu resorbovati u digestivnom traktu (**Baltić i Tadić, 2001**).

Od nezasićenih masnih kiselina značajne su velike količine oleinske, linolne, linoleinske i arahidonske kiseline koje se smatraju esencijalnim, pa tako kao kofaktori metabolizma imaju funkciju u održavanju povoljnog zdravstvenog stanja organizma.

Energetska vrednost mesa ribe zavisi od količine masti.

Hranljiva vrednost mesa riba uslovljena je količinom proteina, masti, minerala i vitamina u njemu. Energetske vrednosti mesa šarana, pastrmke i mesa drugih vrsta životinja za klanje date su u tabeli 2.1.

Tabela 2.1 Sadržaj hranljivih materija u pojedinim kategorijama mesa (**Ćirković, 2002.**)

Vrsta mesa	Voda (%)	Proteini (%)	Masti (%)	Energetska vrednost (kJ)
Šaran	79.27	17.63	1.93	355
Pastrmka	76.3	19-20	0.8	351
Piletina	74.6	21.5	2.5	460
Goveđe meso	74.3	20	3.5	485
Svinjsko meso	56.8	17-19	25.3	1238
Jagnjetina	66.4	19.7	12.7	812

Meso ribe predstavlja značajan, a u mnogim zemljama sveta i dominantan izvor proteina (od 15 - 24 %). Procenjuje se da se blizu 15 % potreba za životinjskim proteinima u svetu podmiruje konzumiranjem ribe (**Anon, 1999**). U mesu ribe, ukupna količina aminokiselina proteina ne razlikuje se značajno od aminokiselina proteina mesa stoke za klanje. Dnevne potrebe čoveka u proteinima mogu se podmiriti sa 400 g ribljeg mesa. Mišići ribe sadrže manje vezivnog tkiva od mišića stoke za klanje, pa se samim tim meso ribe brže i lakše resorbuje, odnosno ima visok koeficijent svarljivosti. Od sveže, zamrznute ili dimljene ribe resorbuje se 95 % proteina (**Baltić i Teodorović, 1997**).

Povoljan sadržaj mesa ribe, proteina, minerala, vitamina a posebno esencijalnih masnih kiselina pogoduje u prevenciji brojnih oboljenja ljudi (**Ćirković, 2002**).

Kao izvor minerala i vitamina meso riba ne zaostaje za mesom sisara. U nekim slučajevima je ovo meso i bolji izvor ovih sastojaka. Meso riba ima više neorganskih materija nego meso sisara. Količina neorganskih materija je od 1.0 do 1.5 %. Riblje meso je dobar izvor magnezijuma i fosfora. Predstavlja nešto slabiji izvor kalcijuma. Sadrži približno istu količinu bakra i nešto manju količinu gvožđa nego meso goveda. U mesu ribe se nalazi 100 puta veća količina joda nego u mesu sisara. Meso ribe sadrži i značajnu količinu fluora (1.5-5.0 mg/kg). Jod i fluor su neophodni u sintezi hormona. Meso morskih riba sadrži i značajne količine NaCl (oko 320 mg %). Riba je, takođe, značajan izvor selena, koji ulazi u sastav mnogih enzima a najbolje proučen je glutation peroksidaza. Ovaj enzim ima značajnu ulogu u očuvanju integriteta ćelijskih membrana od oštećenja koja bi mogla nastati delovanjem slobodnih radikala. Selen takođe ima značajnu ulogu u održavanju funkcije imunskog sistema, regulisanju metabolizma tireoidne žlezde i u reprodukciju (**Anon, 2003b**).

Riblje ulje je bogat izvor n-3 (poznatih takođe i kao omega 3) masnih kiselina, eikozapentaenske kiseline (EHK) i dokozaheksaenske kiseline (DHK). Omega-3 masne kiseline pripadaju jednoj od dve klase polinezasićenih masnih kiselina. Drugoj klasi polinezasićenih masnih kiselina pripadaju n-6 masne kiseline, poznate još kao omega-6 masne kiseline. Obe klase nezasićenih masnih kiselina su bitne i neophodne za zdravlje ljudi, a razlikuju se u hemijskoj strukturi, odnosno položaju dvostruke veze u lancu. Kod omega-3 masnih kiselina dvoguba veza se nalazi na trećem C atomu od terminalne grupe, dok se kod omega-6 masnih kiselina ona nalazi na šestom C atomu od terminalne grupe. Klasa n-3 polinezasićenih masnih kiselina je derivat alfa - linoleinske kiseline, esencijalne masne kiseline, čiji je glavni izvor riblje ulje, dok klasa n-6 polinezasićenih masnih kiselina vodi poreklo od linoleinske kiseline, takođe esencijalne masne kiseline koja se uglavnom nalazi u biljnim uljima. Reakciju desaturacije i elongacije lanca alfa-linoleinske i linoleinske kiseline, u kojoj nastaju njihovi derivati, polinezasićene masne kiseline, katalizuje isti enzim. S obzirom da reakciju katalizuje isti enzim, između ovih esencijalnih masnih kiselina postoji kompeticija za enzim, pa povećanje koncentracije linoleinske kiseline, može inhibirati pretvaranje alfa-linoleinske kiseline u njene derivate, što može narušiti odnos njihovih derivata (omega-3 i omega-6 masnih kiselina) u organizmu (**Mason, 2000, Connori,**

2000). Pored unosa optimalnih količina esencijalnih masnih kiselina takođe je bitan i odnos u kom se one unose. Odnos omega-3 masnih kiselina prema omega-6 masnih kiselina je optimalan ako je 1:4 do 1:5 (**Baltić i sar., 2003**).

Polinezasićene masne kiseline, i omega-3 i omega-6 polinezasićene masne kiseline, se u organizmu nalaze u ćelijskoj membrani i imaju značajnu ulogu u stvaranju veoma važnih, hormonima sličnih supstanci koje se nazivaju eikosanoidi. Eikosanoidi imaju bitnu ulogu u regulaciji brojnih sistema u organizmu. Oni obuhvataju prostacikline i tromboksane koji utiču na dilataciju i kontrakciju krvnih sudova. Oni takođe obuhvataju i leukotrijene koji imaju značajnu funkciju u nastanku zapaljenskih reakcija (**Anon, 2003b**).

Omega-3 polinezasićene masne kiseline smanjuju sadržaj holesterola i triglicerida u krvnom serumu ljudi a takođe sprečavaju taloženje trombocita i oštećenja krvnih sudova, prevenirajući na taj način nastanak srčanog udara (**Stolyhwo i sar., 2006**). Riblje ulje nema uticaj na koncentraciju LDL (low-density lipoprotein „loš holesterol“) u serumu, ali što je bitno, povećava sadržaj HDL (high-density lipoprotein, „dobar holesterol“) u serumu. HDL je lipoprotein koji ima zaštitnu funkciju, s obzirom da otklanja holesterol u krvi, vraća ga u jetru i na taj način sprečava njegovo taloženje u krvnim sudovima (**Anon, 2003b**). Konzumiranjem riba, i to posebno masnih, koje sadrže veće količine omega-3 polinezasićenih masnih kiselina, smanjuje se LDL i povećava se HDL.

Ribe sa velikom količinom masnoće su lovrata, sardina, pastrmka, skuša plavica, brancin, dok one sa malom masnoća su bakalar, tuna i losos imaju veliku količinu proteina.

Morski plodovi i ribe sadrže najviše omega-3 polinezasićene masne kiseline, koje pomažu pri funkciji cirkulatornih sistema a takođe utiču i na smanjenja masti u krvi i na sprečavanje tromboze krvi. Tako, veliki broj istraživača veruje da se smanjuje opasnost od srčanog i moždanog udara. Takođe istraživači su primetili da omega-3 polinezasićene masne kiseline deluju kao antiinflamatorni faktori. Ribe i morski plodovi sadrže malu količinu holesterola sa izuzetkom lignji, škampa i ikre od brancina i skočaca (**Seafood NIC., 2001**).

Prema istraživanjima **Kang-a i sar. (2000)**, povećanje količine ribljeg ulja u ishrani, smanjuje pojavu srčanih aritmija a takođe smanjuje i krvni pritisak kada se redovno uzima u ishrani. Stručnjaci objašnjavaju da bi trebalo nedeljno da konzumiramo 300-400 g riba.

Istraživanja **Kremer-a (2000)** govore da u prevenciji osteoartritisa i reumatoidnog artritisa, dva najčešća oblika artritisa, značajnu ulogu mogu imati n-3 polinezasićene masne kiseline iz riblje masti. Naime, ove kiseline smanjuju procenat razgradnje hrskavice, a takođe uklanjaju medijatore zapaljenja i smanjuju bol kod pacijenata sa ovim oboljenjima.

Mozak je organ izgrađen pretežno od omega-3 polinezasićenih masnih kiselina. Nervi i retina su takođe izgrađeni od ovih masnih kiselina, od kojih je najviše zastupljena DHK koja čini 36.4 % od ukupne količine masnih kiselina (**Connor, 2000**). Pre rođenja je razvijeno 75 % ćelija mozga, a nakon rođenja, u prvoj godini života, razvija se ostatak ćelija. Zato je jako bitno da fetus ali i dojenčad u prvoj godini života dobijaju, dovoljnu količinu n-3 masti, posebno DHK, kako bi im se omogućio normalan razvoj nervnog sistema.

Takođe je brojnim istraživanjima dokazano da nedostatak nezasićenih masnih kiselina ima značajnu ulogu u etiologiji depresije, disleksije, šizofrenije i Alchajmerove bolesti. Ispitivanja pokazuju i da pušači imaju manji rizik u razviću hronične pulmonalne opstruktivne bolesti ukoliko je u ishrani zastupljena veća količina n-3 masnih kiselina (**Anon, 2003b**).

Zidoh i sar. (2000) su dokazali da, n-3 polinezasićene masne kiseline igraju značajnu ulogu u zaštiti kože od delovanja štetnih UV zraka. Isti autori ističu da, kada je ishrana pacijenata sa psorijazom i ekcemima bogata n-3 nezasićenih masnim kiselinama, smanjuju se lezije, svrab i perutanje.

Ispitivanjem na laboratorijskim životinjama, dokazano je da riblje ulje smanjuje ćelijsku proliferaciju i prekancerogene promene u ćeliji (**Mason, 2000**).

Riblja mast lako se vari i bogata je nezasićenim masnim kiselinama, takođe čini najbitniji izvor A i D vitamina. To je bio razlog zašto se ulje od jetre nekih vrsta riba iz familije Gadidae (bakalar idr.) davalo ranije deci, pre pojave, na tržištu, polivitaminskih preparata (**Potter i Hotchkiss, 1995**). Svetska potrošnja ribljeg ulja iznosi 20 hiljada tona godišnje.

Kod Eskima sa Grenlanda, koji u ishrani u velikoj meri imaju zastupljeno meso foka, kitova i ribe, primećeno je da imaju 10 puta manju stopu srčanih oboljenja u odnosu na druge narode. Prema **Connor-u** (2000), razlog tome je što masti koje Eskimi konzumiraju sadrže velike količine polinezasićenih masnih kiselina sa 20 i 22 ugljenikova atoma i pet i šest dvostrukih veza, a to su eikozapentaenska (EPK; 20:5 n-3) i dokozaheksaenska kiselina (DHK; 22:6 n-3), čiji su glavni izvor riblje masti. U tabeli 2.2 data je zastupljenost omega-3 masnih kiselina, EPK i DHK, u mesu pojedinih vrsta riba i u mesu drugih životinja za klanje.

Tabela 2.2. Sadržaj polinezasićenih masnih kiselina (n-3; EPK i EDH) u mesu stoke za klanje i mesu riba (% od ukupnih masti) (**Baltić i Teodorović, 1997**)

Namirnica	20:5 EPA 22:6 DHA	
Pileće meso	0.3	0.6
Svinjske slabine	0.5	0.4
Teleći šol	0.3	0.2
Goveđi but	0.2	/
Štuka	7.6	33
Losos atlantski	4.5	12.3
Oslić	7.5	24.8
Haringa	6.2	9.8
Bakalar	13.2	34.4
Hobotnica	15.5	20.7

Zbog velikog značaja polinezasićenih masnih kiselina n-3 klase u Evropi su date i preporuke o optimalnom dnevnom unosu. Stručnjaci u Velikoj Britaniji predlažu da se doze kreću od 200 mg

do 1.250 mg dnevno. U Danskoj preporučena doza iznosi 300 mg dnevno dok u Nemačkoj optimalni unos polinezasićenih masnih kiselina iznosi 1.500 mg dnevno (**Mason, 2000**).

Vitamin E je u velikoj količini prisutan u nekim vrstama riba kao što je pastrmka. Vitamin E ima antioksidativno dejstvo. On štiti polinezasićene masne kiseline i „loš holesterol“, LDL, od oksidacije slobodnim radikalima, a takođe može imati i antiinflamatorno delovanje (**Anon, 2003b**).

Meso ribe čini dobar izvor vitamina grupe B. Količina vitamina B grupe je slična količini ove grupe vitamina u goveđem mesu. Generalno meso od glavonošca, rakova, puževa i školjki bogatije je B vitaminima od ribljeg mesa. Morski plodovi i ribe su takođe bogati niacinom, takođe su dobar izvor najbitnijih metala i joda, koji je potreban za dobru funkciju tireoidne žlezde, (gvožđe za proizvodnju eritrocita i cink, koji je bitan za lečenje rana) (**Seadoof NIC, 2001**).

2.2. Hemijski sastav mesa riba

Hemijski sastav i nutritivna vrednost mesa riba se razlikuje u zavisnosti od vrste riba, stepena tovljenja, perioda mresta, ishrane, načina ulova, godišnjeg doba, uzrasta i pola.

Pol posebno utiče na hemijski sastav mesa riba, što je vrlo bitno za tehnologiju (raspodela proteina, masti, voda - konzerviranje). Hemijski sastav riba u praksi, se određuje utvrđivanjem sadržaja vode, masti, proteina i anorganskih materija i prikazan je u tabeli 2.3.

Tabela 2.3. Prosečni hemijski sastav u različitim delovima trupa određenih riba (% prema masi).

	Meso	Koža	Glava	Kosti	Riblje peraje	Jaja	Jetra
Bakalar							
Voda	80,8	69,5	79,0	74,0	73,0	75,5	27,5
Masti	0,3	0,4	0,4	0,5	1,2	1,8	65,8
Proteini	17,6	27,4	14,6	15,0	15,7	20,0	5,3
Pepeo	1,2	3,0	6,0	10,5	8,8	1,3	0,4
Acipenser huso							
Voda	72,0	63,5	67,0	67,5	55,0	55,5	75,0
Masti	10,5	9,0	11,5	13,5	13,5	14,0	8,0
Proteini	16,2	23,5	15,6	14,4	20,5	25,5	12,5
Pepeo	1,3	4,0	4,0	5,5	10,0	1,7	1,2

Izvor informacija: **Zaitsev i sar., (1969)**

Prema **Adams i Moss-u (1997)**, sastav mesa riba se razlikuje od sastava mesa stoke za klanje, zbog sledećih razloga:

- 1) Riblja mast nije vidljiva, iako njena količina u mesu može da dostigne i 25 %, i to zato što se nalazi između mišića.
- 2) Sadržina vezivnog tkiva je manja a ne prelazi 3 % od ukupne mase riba.
- 3) Riba imaju manje kostiju nego sisari.

Hemijski sastav mesa nekih riba je prikazan u tabeli 2.4

Tabela 2.4: Srednji hemijski sastav nekih riba i plodova . (Silliker i sar. 1980.).

Vrsta ribe	Voda %	Proteini %	Mast %	Pepeo %
Masne ribe	68,6	20	10	1,4
Polumasne ribe	77,2	19	2,5	1,3
Posne ribe	81,8	16,4	0,5	1,3
Rakovi	76,0	17,8	2,1	2,1
Glavonošci	81,0	13	1,5	1,6

Po svom hemijskom sastavu meso riba je slično mesu stoke za klanje. U mesu ribe se u proseku, nalazi veća količina vode. Hemijski sastav mesa različitih vrsta riba prikazan je u tabelama 2.5,2.6.

Tabela 2.5. Hemijski sastav različitih vrsta riba (%)

Vrsta ribe	Voda	Belančevine	Mast	Pepeo
Oncorhynchus	70,6	21,0	7,0	1,4
Gorbuscha (salmonidi)				
Dentex dentex (zubatac)	71,9	20,3	6,5	1,3
Anarrhichas minor (vuk)	79,0	14,7	5,3	1,0
Dentex macrophthalmus (sparide)	78,9	17,7	1,8	1,6
Cyprinus caprio (šaran)	77,4	16,0	5,3	1,3
Chamsocephalus gunnari	80,5	15,5	2,7	1,3
Rhabdosargus sarba (sparide)	77,7	17,0	4,1	1,1
Scomber scombrus (skuša)	74,5	20,7	3,4	1,4
Marcrus berglax (grenadir)	85,0	13,2	0,8	1,0
Epinephelus aeneus (seranide)	76,5	19,4	2,9	1,2
Theragra chalogramma (gadide)	81,9	15,9	0,9	1,3
Notothenia rossi (nototenide)	74,6	14,8	9,5	1,1
Sebastes marinus (šarpina)	77,1	18,2	3,3	1,4
Reinhardtius hippoglossoides (list)	70,2	12,8	16,1	0,9
Micromesistius-poutassou (oslić,blekitek)	81,3	16,1	0,9	1,7
Trichiurus lepturus (trihuride)	75,2	20,3	3,2	1,3
Raja brachyura (raja)	80,1	18,0	0,9	1,2

Sardina pilchardus (sardina)	69,2	19,0	10,0	1,8
Scomber japonicus (skombride)	67,5	18,0	13,2	1,3
Ctenopharyngodon idella (amur)	70,4	16,5	11,9	1,2
Trachurus capensis (stavrida)	74,9	18,5	5,0	1,6
Leuciscus alburnus (ukljeva)	72,8	16,8	8,13	1,3
Hexagrammos stelleri (heksagranide)	77,6	17,8	3,4	1,2
Gadus morhua (gadide)	82,1	16,0	0,6	1,3
Merluccius merluccius (oslić,hek)	80,0	16,6	2,1	1,3
Molva elongata (gadide)	79,3	18,4	1,1	1,2
Hypohthalmichtys molitrix (beli tolstolobik)	79,0	14,0	6,1	0,9
Salmo (pastrmka)	75,0	20,0	3,8	1,2
Silurus glanis (som)	75,0	20,0	4,0	1,0
Esox lucius (štuka)	79,63	18,4	0,53	0,96
Anguilla anguilla (jegulja)	57,42	12,8	28,37	1,4

Tabela 2.6: Osnovni hemijski sastav nekih plodova voda i stoke za klanje.

Vrsta	Voda	Proteini	Masti	Pepeo
	%	%	%	%
Američka jegulja	68,0	19,5	11,6	1,4
Žaba, grdobina	79,9	18,8	0,6	1,0
Cipal	73,5	20,4	4,8	1,2
Američka crna riba	72,1	11,3	15,8	0,83
Haringa	74,7	21,4	2,4	1,8
Crveni rak, prnjevica	85,2	10,7	0,3	1,2
Američka školjka	85,5	11,7	0,3	0,5
Crveni rak	81,1	14,7	0,4	2,5
Kameni rak	76,7	21,6	0,9	1,6
Atlanska lignja	82,7	14,5	0,9	0,8
Pacifička lignja	80,1	16,7	0,5	1,1
Svinjski file	76	21	1,6	1,2
Goveđi biftek	77	20	2,1	1,0

2.2.1. Voda

Meso ribe sadrži od 57 do 80 posto vode. Varijacije u količini masti utiču značajnije na količinu vode, dok je količina proteina uglavnom konstantna. Zavisnost između količine vode i masti može da se prikaže relacijom:

$$V + m = K$$

Pri čemu je V = procenat vode, m = procenat masti, a K = konstanta. Zbir procenata količine vode i procenta količine masti za jednu vrstu ribe je približno konstantan, bez obzira na odstupanja količine masti (**Baltić i Teodorović, 1997**).

2.2.2. Proteini

Količina proteina u mesu ribe varira u zavisnosti od vrste ribe od 12,8 do 21,00 procenata.

Sa strane nutritivne vrednosti, riblji protein je vrlo svarljiv i otprilike je jednaka sa crvenim mesom, što se tiče sadržaj potrebnih aminokiselina (**Potter i Hotchkiss, 1995. Gram i Huss, 2000**).

U tablici 2.7 prikazana je uporedna količina osnovnih grupa proteina u mišićima riba i sisara.

Proteini mesa riba mogu da se podele u tri osnovne grupe:

- a) proteini sarkoplazme
- b) proteini miofibrila i
- c) proteini vezivnog tkiva.

Proteini sarkoplazme rastvorljivi su u vodi i čine od 20 do 35 posto ukupnih mišićnih proteina. Nisu otporni na zagrevanje, odnosno u toku zagrevanja precipituju i ne utiču na teksturalne osobine mesa ribe. „Odgovorni“ su za metabolizam ćelije. Mioglobin se nalazi samo u tragovima, dok u crvenim mišićima njegova količina može da bude slična kao i kod mesa (crvenog) stoke za klanje.

Tabela 2.7. Osnovne grupe proteina u mišićima riba i sisara

Proteini	Mišići riba	Mišići sisara
	%	%
Sarkoplazme	20-35	30-35
Miofibrila	65-75	52-56
Vezivnog tkiva	3-10	10-15

Proteini miofibrila su nosioci kontrakcije mišića. Oni su zastupljeni od 65 do 75 posto od ukupne količine mišića. Elektroforetskim ispitivanjima je ustanovljeno da pored miozina, aktina i tropomiozina, kao osnovnihi najzastupljenijih, miofibrilarne proteine čine u manjim količinama i proteini koji postoje u mesu sisara. To su: C-protein, M-protein, alfa-aktinin, troponin „T“, troponin „I“ i troponin „C“.

Molekulske mase i količina pojedinih miofibrilarnih proteina u skeletnim mišićima riba prikazane su u tabeli 2.8.

Tabela 2.8. Proteini miofibrila mišića

Protein	Molekulska masa	Količina u procentima
Miozin	500.000	40-60
G-aktin	42.000	15-30
Tropomiozin	66.000	
Troponin „T“	31.000	
Troponin „I“	21.000	10%
Troponin „C“	18.000	
„C“ protein	150.000	
Alfa-aktinin	190.000	

Proteini vezivnog tkiva čine od 3 do 10 posto ukupnih proteina u mišićima riba. Osnovni proteini vezivnog tkiva su kolageni. Količina vezivnog tkiva kod riba je uglavnom konstantna. Ona se ne povećava sa starošću, npr. kao što je to slučaj kod sisara (**Baltić i Teodorović, 1997**).

2.2.3. Nепroteinske azotne materije

Ribe sadrže velike količine neproteinskih azotnih materije(NPN) u mišićima posebno male molekule, koje se rastvaraju u tečnostima tkiva i koriste se sa strane bakterija kao hrana u prvim stadijumima razgradnje mesa. Količina neproteinskih azotnih materija zavisi od vrste ribe (tabela 2.9).

Tabela 2.9. Nепroteinske azotne materije (mg/100gr)

	Gadus morhua	Clupea harengus L.	Melanogrammus aeglefinus	Elasmobranchii
Ukupan NPN¹	419,2	437,0	380,0	-
Amonijak	257,6	269,9	239,4	-
Kreatinin	163,0	182,7	-	-
Ureja	1,9	4,0	14,5	2000,0
Trimetilaminooksid	95,0	40,0	70,0	275,0

¹ = neproteinske azotne materije

Silliker i sar (1980).

Pored neproteinskih azotnih materija koje se nalaze u mesu sisara, meso ribe posebno karakteriše trimetilaminooksid, ureja i gvanidinske baze. Ova jedinjenja su naročito zastupljena u mesu hrskavičavih riba (Elasmobranchii) – morski psi, raže.

Trimetilaminooksidaze kod hrskavičavih riba ima od 1,0 do 1,5 posto. Kod košljoriba ima ga znatno manje (0,2 do 0,4 %), a u mesu slatkovodnih riba ima ga u neznatnim količinama. U procesu metabolizma trimetalaminooksid se delovanjem glutaciona redukuje u trimetilamin i dimetilamin. Zagrevanjem se trimetilamin raspada u dimetilamin i formaldehid. Otuda je i količina formaldehida veća u konzervama od morske ribe nego u konzervama od rečne ribe. Enzimi mikroorganizama razlažu trimetilaminooksid u trimetilamin koji morskoj ribi daje specifičan miris, „miris na ribu“. Trimetilamin nastaje i iz mlečne kiseline (u toku mrtvačke ukočenosti).

U svežoj ribi količina trimetilamina je od 0,66 do 1,7 mg posto. Početak „kvvara“ se opaža kad je količina trimetilamina od 4 do 6 mg posto. Izrazit miris pokvarene ribe se zapaža kada je količina ovog jedinjenja 10 mg %, a izrazito je jak kad trimetilamina ima između 20 i 30 mg %.

Košljoribe sadrže od 0,0003 do 0,005 posto ureje, a hrskavičave ribe od 1,5 do 2 posto. Ureju bakterije razlažu do amonijaka. Amonijak nastaje i iz trimetilamina. Sveže meso ribe sadrži od 5 do 10 mg % amonijaka.

2.2.4. Masti

Od osnovnih sastojaka mesa ribe najviše varira količina masti koja nije različita samo kod različitih vrsta ribe, već pokazuje značajna odstupanja i unutar iste vrste, što zavisi od sezone lova, polnog ciklusa, ishrane, starosti i pola ribe.

Starije ribe sadrže više masti i manje vode, nego mlađe ribe. Takođe u periodu migracije i mresta sadržaj masti se smanjuje, dok se sadržaj vode povećava (**Burst i Hardy, 1992**).

Za neke određene ribe (*Serranus scribal L*, bakalar i dr) postoji homomorfna raspodela masti u njihovim različitim delovima a posebno u njihovom mesu. To se ipak ne dešava kod riba sa velikom količinom masti. Kod lososa npr. masti se sakupljaju u trbušnim mišićima, dok kod soma kod repa.

Generalno, bez masti meso ima veću količinu proteina i bolje se konzervira.

Meso ribe može da sadrži od 0,5 do 28 posto masti. Prema količini masti ribe mogu da se podele na:

- posne (mršave) ribe, sa manje od 0,5 posto masti,
- polumasne (srednje masne) ribe sa 5 do 10 posto masti,
- masne ribe sa više od 10 posto masti.

U odnosu na mast sisara mast ribe ima visoke količine glicerida nezasićenih masnih kiselina (mono i polinezasićene), zbog čega je na sobnoj temperaturi mast ribe tečna („*r i b l j e u l j e*“).

Riblja mast sadrži 17 % do 21 % zasićenih i 79 % do 83 % nezasićenih masnih kiselina (Laskaridis, 1996).

Mast riba nije kao kod stoke za klanje smeštena u masne depoe već je difuzno raspoređena u mesu (mišićnom tkivu). Ima, međutim, nekih područja tela (delovi bliže glavi, potrbušine šarana npr.) gde je količina masti veća nego u ostalim delovima trupa (tabela 2.10).

Tabela 2.10. Količina masti u različitim delovima trupa lososa

Deo tela	Količina masti
	%
Bliže glavi	15,1 – 20,2
Bliže repu	8,1 – 11,1

Kod riba su utvrđene sezonska odstupanja u količini masti. Zimi se u telu ribe povećava količina masti. Snižavanje temperature aktivira enzime (glukozo 6-fosfat dehidrogenaza i fosfoglukonat dehidrogenaza), koji ubrzavaju sintezu masnih kiselina, a time se povećava količina masti u telu ribe. Promene količine masti kod haringe u toku godine prikazane su u tabeli 2.11.

Tabela 2.11. Promene količine masti kod haringe u toku godine

Meseci	I-II	III	IV	V	VI	VII	IX	XII
Količina masti %	15-7,5	7-15	4,4-7,5	4,6-5,8	6,5-13,8	19-20	19-20	16-19

Kod riba (*Scatallurus punctatus*) mase od jednog kilograma utvrđeno je da imaju 13,2 posto masti. Iste ribe, mase od 0,30 kilograma sadržale su od 10,8 posto masti. Kod polno zrelih jedinki lososa količina masti se smanjuje sa 12 na 5 posto, dok se za vreme mresta količina masti smanjuje na 1,0 posto.

2.2.5. Neorganske materije

Meso ribe sadrži više neorganskih materija nego meso sisara. Količina neorganskih materija je od 1,0 do 1,5 posto.

Količina mineralnih materija kod različitih vrsta riba prikazana je u tabeli 2.12.

Tabela 2.12. Količina minerala u mesu nekih vrsta riba (mg/100g)

Vrsta ribe	Na	K	Ca	Mg	P	Fe
Oncorhynchus	125	315	48	44	207	2,90
Gorbuscha (salmonidi)						
Dentex dentex (zubatac)	-	261	35	36	136	1,60
Anarrhichas minor (vuk)	81	212	27	29	247	0,80
Cyprino caprio (šaran)	38	268	27	21	216	1,50
Chamsocephalus gunnari	157	300	35	22	225	0,50
Rhabdosargus sarba (sparide)	56	284	26	28	212	0,30
Marcrurus berglax (grenadir)	77	135	17	19	-	-
Theragra chalogramma (gadide)	163	428	18	57	160	0,80
Notothenia rossi (nototenide)	66	418	25	35	210	1,50
Sebastes marinus (škarpina)	78	296	29	26	213	1,20
Reinhardtius hippoglossoides (list)	137	500	10	48	162	0,80
Micromesistius poutassou	56	278	46	37	-	0,70

(oslić,blekitek)

Sardina pilchardus (sardina)	-	385	80	40	276	2,45
Scomber japonicus (skombride)	100	283	37	50	278	1,70
Ctenopharyngodon idella (amur)	33	240	50	20	207	1,00
Trachurus capensis (stavrida)	70	350	64	36	255	1,10
Gadus morhua (gadide)	98	338	23	26	208	0,65
Merluccius merluccius (oslić, hek)	58	325	30	25	200	0,60
Molva elongata (gadide)	43	260	43	35	200	1,70

2.2.6. Vitamini

Meso ribe bogato je vitaminima A i D koji su rastvorljivi u mastima. Sa odstupanjem količine masti varira i količina ovih vitamina. Vitaminima A i D naročito je bogata jetra. Morske vrste riba imaju veću količinu vitamina, nego rečne ribe. Od slatkovodnih riba najviše vitamina A i D ima u mesu jegulje. Meso ribe sadrži i vitamine B grupe (B1, B2). Količina vitamina C u mesu ribe je zanemarljiva. U tabeli 2.13 prikazana je količina vitamina u mesu ribe kao i energetska vrednost mesa ribe.

Tabela 2.13. Količina vitamina i energetska vrednost mesa nekih vrsta riba mg/100gr

Vrsta Ribe	A	B1	B2	PP	G	Energetska vrednost*
Oncorhynchus	0,03	0,06	0,14	2,20	-	147
Gorbuscha (salmonidi)						
Cyprino caprio (šaran)	0,02	0,14	0,13	1,50	1,8	112
Chamsocephalus gunnari	0	0,05	0,13	1,30	1,2	86
Rhabdosargus sarba	0,03	0,12	0,10	2,00	-	105
(sparide)						
Marcrurus berglax	sl.	0,08	0,20	0,70	1,7	60
(grenadir)						
Theragra chalogramma	0,01	0,11	0,11	1,00	1,8	72
(gadide)						
Notothenia rossi	0,03	0,12	0,10	1,70	0,2	145
(nototenide)						
Sebastes marinus	0,01	0,08	0,11	2,00	sl.	196
(škarpina)						
Reinhardtius hippoglossoides (list)	0,10	0,08	0,11	2,00	sl.	196
Sardina pilchardus	0,01	0,01	0,15	4,04	1,3	166
(sardina)						

Trichiurus lepturus		0,01	0,12	0,36	3,90	1,2	191
(trihuride)							
Ctenopharyngodon	idella	0,01	0,19	0,12	1,90	1,2	173
(amur)							
Trachurus capensis		0,01	0,17	0,12	1,30	1,5	119
(stavrida)							
Hexagrammos	stelleri	0,06	0,12	0,18	1,10	1,0	102
(heksagranide)							
Gadus morhua	(gadide)	0,01	0,09	0,16	2,30	1,0	69
Merluccius merluccius		0,01	0,12	0,10	1,00	3,2	85
(oslić, hek)							
Molva elongata	(gadide)	0,11	0,14	1,10	1,6	-	94

* kcal (1 kcal = 4. 184 kJ)

2.2.7. Ugljeni hidrati

Meso riba praktično ne sadrži ugljene hidrate.

2.3. Ulov, proizvodnja i potrošnja ribe

Tržište se ribom snabdeva iz dva izvora, odnosno ribom koja se izlovljava iz prirodnih resursa (okeana, jezera, reka) i ribom koja se gaji u akvakulturi, bilo da se radi o ribi gajenoj u slatkoj, slanoj ili bočatnim vodama.

2.3.1 Ulov ribe i plodova voda

Ulov ribe u svetu u 20. veku porastao je od početka veka za blizu 20 puta. Naime, 1900. godine ulov ribe u svetu bio je oko pet miliona tona, da bi na kraju 20. veka bio blizu 100 miliona tona. Ovaj obim ulova nije ostao bez posledica, odnosno ugrozio je opstanak najčešće lovljenih vrsta riba. Ukupan ulov ribe početkom 21. veka dostigao je svoj maksimum od 95.61 miliona tona (2000. godine) i od tada se nije povećavao. Prosečan ulov ribe od 2002. do 2012. godine bio je 92.9 miliona tona (*Tabela 2.14.*). Najveći ulov ribe i plodova voda u svetu ostvaruje u zadnjih pet godina Kina (2002 – 2006. godina) i on iznosi 16.86 miliona tona. U *Tabeli 2.15.* prikazano je 20 zemalja sa najvećom ulovom ribe i plodova voda u svetu. Među tim zemljama su pored Kine, Peru, SAD, Indonezija, Japan, Čile, Indija, Ruska Federacija, Tajland, Filipini, Norveška itd. (*Kilibarda i sar., 2008, FAO, 2008*). Najčešće lovljene vrste riba u svetu prikazane su u *Tabeli 2.16.*

Tabela 2.14. Ulov ribe i plodova voda od 2002. do 2006. godine (u milionima tona) (*Anon, 2008*)

Godina	2002	2003	2004	2005	2006	prosek
miliona tona	93.24	90.50	94.57	94.20	91.99	92.9

Tabela 2.15. Zemlje sa najvećim ulovom ribe i plodova voda u svetu od 2002-2006 (u milionima tona) (Anon, 2008)

godina zemlja	2002	2003	2004	2005	2006	prosek
1. KINA	16.55	16.76	16.89	17.03	17.09	16.86
2. PERU	8.77	6.07	9.61	9.39	7.02	8.17
3. SAD	4.94	4.94	4.96	4.89	4.86	4.92
4. INDONESIA	4.32	4.63	4.64	4.70	4.76	4.61
5. JAPAN	4.36	4.67	4.31	4.09	4.19	4.32
6. ČILE	4.28	3.61	4.92	4.33	4.17	4.26
7. INDIJA	3.74	3.71	3.39	3.69	3.86	3.68
8. RUSKA FED.	3.23	3.28	2.94	3.20	3.28	3.19
9. TAJLAND	2.84	2.85	2.84	2.81	2.78	2.82
10. FILIPINI	2.03	2.17	2.21	2.25	2.32	2.20
11. NORVEŠKA	2.74	2.55	2.53	2.39	2.26	2.49
12. MIJANMAR	1.28	1.34	1.59	1.73	2.01	1.59
13. VIJETNAM	1.80	1.86	1.88	1.93	1.96	1.89
14. KOREJA REP	1.68	1.64	1.58	1.64	1.75	1.66
15. BANGLADEŠ	1.10	1.14	1.19	1.33	1.44	1.24
16. ISLAND	2.14	1.99	1.73	1.67	1.33	1.77
17. MEKSIKO	1.45	1.36	1.26	1.31	1.30	1.34
18. MALEZIJA	1.28	1.29	1.34	1.21	1.30	1.28
19. ARGENTINA	0.96	0.92	0.95	0.93	1.18	0.99
20. KANADA	1.06	1.11	1.18	1.10	1.06	1.10

Tabela 2.16. Prikaz najčešće lovljenih vrsta riba u 2006. godini (u milionima tona) (Anon, 2008)

Vrsta ribe		2002	2003	2004	2005	2006	prosek
1. <i>Engraulis ringens</i>	sardela (peruanska)	9.70	6.20	10.68	10.22	7.01	8.76
2. <i>Theragra chalcogramma</i>	oslić	2.66	2.89	2.69	2.79	2.86	2.78
3. <i>Katsuwonus pelamis</i>	tuna (skipjack)	2.04	2.18	2.11	2.36	2.48	2.23
4. <i>Clupea harengus</i>	haringa	1.87	1.96	2.02	2.32	2.25	2.08
5. <i>Micromesistius poutassou</i>	pišmolj	1.57	2.39	2.43	2.07	2.03	2.10
6. <i>Scomber japonicus</i>	skuša	1.49	1.87	2.01	2.02	2.03	1.88
7. <i>Trachurus murphyi</i>	skuša (chilean jack)	1.75	1.74	1.78	1.66	1.83	1.75
8. <i>Engraulis japonicus</i>	sardela (japanska)	1.85	2.09	1.80	1.64	1.66	1.81
9. <i>Trichiurus lepturus</i>	Zmijičnjak sabljaš	1.46	1.43	1.57	1.45	1.59	1.50
10. <i>Thunnus albacares</i>	tuna (yellowfin)	1.35	1.44	1.32	1.30	1.13	1.31

U Srbiji se godišnje uveze oko 3.000 tona zamrznute skuše. Najveće količine skuše uvoze se iz Irske, Velike Britanije, SAD-a i Kanade.

2.3.1.1 Skuša (*Scomber Scomber*)

Skuša (*Scomber scombrus* lat., Atlantic mackerela eng.) pripada grupi pelaških riba koje žive na obe strane Severnog Atlanskog okeana. Živi u Sredozemnom, Crnom i Jadranskom moru. Ova vrste se često naziva i *Boston mackerela* ili samo *mackerela*. Od deset vrsta familije *Scombroidae* skuša je najčešća lovljena vrsta ribe. Prilagodljiva je na široke raspone temperature vode i obično je u grupama ispod površine vode. Zimi se spušta u dubinu vode a u proleće ide na pučinu gde je temperatura vode od 11 °C do 14 °C. Drastičan pad populacije skuše počinje od 1960. godine zbog prekomernog ulova. Muške i ženske jedinke rastu približno istom dinamikom a maksimalnu masu dostiže pri starosti od dvadeset godina kada ima dužinu od 47 cm i masu do 0,9 kg. Lovna masa joj je daleko manja (250-350 g). Polnu zrelost dostiže sa tri godine.

Mresti se krajem jeseni i u toku zime. Telo skuše je vretenasto i izduženo. Glava joj je skladno građena. Čeljusti su sa jednim redom zuba. Ubraja se u velike grabljičice. Leđa i gornji delovi bokova su modro zelene boje. Ima veliki broj šara, metalnog sjaja.

Ova riba se priprema toplotnom obradom ili kao sašimi. Sadrži značajne količine crvenog mesa i ima jak ukus koji za jedan deo potrošača nije prihvatljiv. Međutim, za populacije koje preferiraju masniju hranu, skuša je riba izbora. Otuda je dobro prihvaćena u Srbiji. Pored toga ima relativno malo kosti (kičmeni stub, postrane kosti) koje se posle pečenja lako odstranjuju. Skuša je veoma bogata vit. B12. Atlantska skuša je poznata i po omega 3 masnim kiselinama i sadrži ih dva puta više od lososa. Sadrži male količine žive. U ishrani ljudi se zbog svoje nutritivne vrednosti preporučuje dva puta nedeljno. U Skandinaviji i Velikoj Britaniji često se u prometu nalazi kao konzerva u paradajz sosu, u salamuri ili biljnom ulju. Može da se pripremi kao salata ili i kao sendvič. Skuša je takođe izuzetan izvor fosfatidil-serina koga ima oko 480 mg/100 g. Prema najnovijim istraživanjima fosfatidil-serin se koristi za ublažavanje poremećaja hiperaktivnosti i Alchajmerove bolesti. Atlantska skuša sadrži 64% vode, 19% proteina, 14% masti, 50 mg vitamina A, 65 mg holina, 643 IJ vit, D, kalcijuma 12 mg, gvožđa 1,63 mg, magnezijuma 76

mg, fosfora 217 mg, kalijuma 314 mg i cinka 0,63 mg. Energetska vrednost je 858 kJ (205 kcal) **(Baltic i Teodorović, 1997)**.

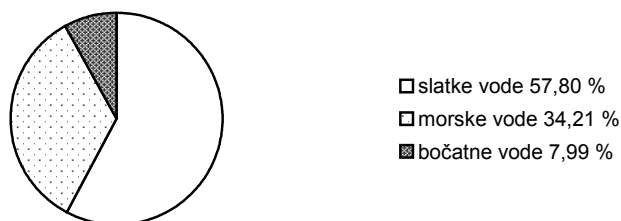
2.3.2. Proizvodnja ribe i plodova voda u akvakulturi

Zadnjih 30-40 godina sve je veće učešće na tržištu ribe iz akvakulture, naročito ribe gajene u slatkim vodama. Ulov ribe iz prirodnih resursa je dostigao svoj maksimum na razmeđu 20. i 21. veka pa se može reći i da je veći nego što je to potrebno za očuvanje najčešće lovljenih vrsta riba i očuvanje biološke ravnoteže u morskim ekosistemima. Rastuće potrebe za ribom zasad se dosta uspešno podmiruju ribom gajenom u akvakulturi (naročito u slatkim vodama). Poslednjih godina proizvodnja ribe u akvakulturi ima prosečni godišnji porast koji se kreće između 9 i 10%. Toliko povećavanje proizvodnje nema nijedna grana stočarstva. Ima mišljenja da će za 30 do 40 godina proizvodnja ribe u akvakulturu zajedno sa ulovom ribe iz prirodnih resursa biti po količini ista kao što je to proizvodnja mesa stoke za klanje. Akvakultura je jedini način da se zadovolje rastuće potrebe za ribom **(Kilibarda i sar., 2008)**.

Za razliku od obima ulova ribe iz prirodnih resursa koji se od pedesetih godina prošlog veka stalno povećavao i dostigao svoj maksimum na početku 21. veka, i koji se od tada nije menjao, proizvodnja ribe u akvakulturi nije se znatnije menjala u periodu od 1950. do 1980. godine. Od 1980. do 2005. godine proizvodnja ribe u akvakulturi porasla je za više od 10 puta. Osamdesetih godina prošlog veka proizvodnja ribe i plodova voda iznosila je oko 4,7 miliona tona, dok je 2006. godine bila oko 51,5 miliona tona.

Riba u akvakulturi može da se proizvodi u slatkim, morskim i bočatnim vodama. Proizvodnja ribe najveća je u slatkim vodama i ona je 2006. godine iznosila 57.80% od ukupne proizvodnje ribe u akvakulturi. Učešće proizvodnje ribe u morskim vodama u akvakulturi bilo je 34.21 % a učešće proizvodnje ribe u bočatnim vodama 2006. godine bilo je 7.99% **(Anon, 2008)** (*Grafikon 2.1.*).

Grafikon 2.1. Procentualno učešće proizvodnje ribe i plodova voda u slatkim, morskim i bočatnim vodama u ukupnoj proizvodnji u akvakulturi 2006. godine (**Anon, 2008**)



Kada je reč o učešću proizvodnje riba u ukupnoj proizvodnji u akvakulturi, i dalje su na prvom mestu po količini uzgoja slatkovodne ribe, čije je učešće u proizvodnji u akvakulturi u 2006. godini u ukupnoj proizvodnji iznosilo je 53.77%. Učešće proizvodnje mekušaca iznosilo je 2006. godine 27.30%, rakova 8.71%, diadromalnih vrsta riba 5.91% i morske ribe samo 3.47%.

U razvijenim zemljama dominira proizvodnja visoko cenjenih, karnivornih vrsta riba, koje se gaje u intenzivnim sistemima, uz primenu kompletnih krmnih smeša. Najčešće se na ovaj način gaje pastrmka i losos i ostale salmonidne vrste riba. Salmonidne vrste riba obuhvataju slatkovodne i anadromne vrste, čije je telo vretenasto, glava bez krljušti, imaju masno peraje i snažne vilice i zube. Naseljavaju visokoplaninska jezera, gornje tokove reka i (migratorne vrste i populacije) priobalje mora. Hrane se larvama insektima i sitnijom ribom, a krupnije vrste isključivo ribama, a mreste se s jeseni, zimi ili sa proleća (**Simonović, 2001**).

U nerazvijenim zemljama, u akvakulturi preovlađuju uglavnom omnivore i herbivore vrste, manje tržišne vrednosti, namenjene za ishranu lokalnog stanovništva (**Mitrović-Tutundžić i Baltić, 2000**). Najčešće gajene vrste riba u akvakulturi za period od 2002-2006. godine prikazane su u *Tabeli 2.17*. Iz navedenih podataka se vidi da se u akvakulturi najčešće gaje šaranske vrste riba (tostolobik, šaran, amur).

Najveći obim proizvodnje ribe u akvakulturi u svetu 2006. godine imala je Kina (34.43 miliona tona). Daleko manji obim proizvodnje ima Indija (3.12 miliona tona) koja se nalazi na drugom mestu po obimu proizvodnje ribe u akvakulturi. Vijetnam, Tajland i Indonezija su 2006. godine imale proizvodnju ribe u akvakulturi veću od milion tona. Ovi podaci prikazani su u *Tabeli 2.18*.

Tabela 2.17. Prikaz najčešće gajenih vrsta riba i morskih plodova u akvakulturi u periodu od 2002-2006. godine (u milionima tona) (Anon, 2008)

Vrsta ribe (plodova voda)		2002	2003	2004	2005	2006	prosek
1. <i>Crassostrea gigas</i>	kamenice	4.24	4.34	4.44	4.52	4.59	4.43
2. <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	beli tolstolobik	3.85	3.83	4.02	4.16	4.36	4.04
3. <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	šaran	3.60	3.73	3.74	3.91	4.01	3.80
4. <i>Cyprinus carpio</i>	šaran	3.14	3.31	2.92	3.05	3.17	3.12
5. <i>Ruditapes philippinarum</i>	školjke	2.36	2.60	2.86	2.95	3.10	2.77
6. <i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	sivi tolstolobik	1.72	1.93	2.10	2.21	2.39	2.07
7. <i>Penaeus vannamei</i>	škampi	0.48	1.04	1.36	1.69	2.13	1.34
8. <i>Carassius carassius</i>	karaš	1.70	1.79	1.95	2.09	2.10	1.93
9. <i>Oreochromis niloticus</i>	nilska tilapija	1.21	1.38	1.58	1.75	1.99	1.58
10. <i>Patinopecten yessoensis</i>	školjke	1.21	1.16	1.13	1.24	1.36	1.22

Tabela 2.18. Zemlje sa najvećom proizvodnjom ribe i plodova voda u akvakulturi u svetu za period od 2002-2006. godine (u milionima tona) (Anon, 2008)

godina zemlja	2002	2003	2004	2005	2006	%	prosek
1. KINA	27.77	28.89	30.62	32.42	34.43	66.66	30.83
2. INDIJA	2.19	2.31	2.80	2.96	3.12	6.04	2.68
3. VIJETNAM	0.70	0.94	1.20	1.44	1.66	3.21	1.19
4. TAJLAND	0.96	1.06	1.26	1.30	1.39	2.69	1.19
5. INDONESIA	0.91	1.00	1.05	1.20	1.29	2.50	1.09
6. BANGLADEŠ	0.79	0.86	0.91	0.88	0.89	1.72	0.87
7. ČILE	0.55	0.56	0.67	0.70	0.80	1.55	0.66
8. JAPAN	0.83	0.82	0.78	0.75	0.73	1.41	0.78
9. NORVEŠKA	0.55	0.58	0.64	0.66	0.71	1.37	0.63
10. FILIPINI	0.44	0.46	0.51	0.56	0.62	1.20	0.52
11. EGIPAT	0.38	0.45	0.47	0.54	0.60	1.16	0.49
12. MIJANMAR	0.19	0.25	0.40	0.49	0.58	1.12	0.38
13. KOREA REP.	0.30	0.39	0.41	0.44	0.51	0.99	0.41
14. SAD	0.50	0.54	0.61	0.49	0.47	0.91	0.52
15. KINA, TAJVAN	0.33	0.35	0.32	0.31	0.31	0.60	0.32
16. ŠPANJA	0.26	0.27	0.29	0.22	0.29	0.56	0.27
17. BRAZIL	0.25	0.27	0.27	0.26	0.27	0.52	0.26
18. FRANCUSKA	0.25	0.24	0.26	0.26	0.24	0.46	0.25
19. ITALIJA	0.19	0.19	0.12	0.18	0.17	0.33	0.17
20. VEL. BRITAN.	0.18	0.18	0.21	0.17	0.17	0.33	0.18

2.3.3. Potrošnja ribe u svetu i kod nas

Potrošnja ribljeg mesa različita je u pojedinim krajevima sveta, a zavisi od tradicije socijalne strukture stanovništva, ekonomske moći države, kao i od organizacije i raznovrsnosti ponude na tržištu.

Prosečna godišnja potrošnja ribe u svetu od 2003. do 2005. godine bila je 16.4 kg po stanovniku. Prosečna potrošnja ribe u istom periodu u zemljama u tranziciji bila je 10.8 kg, a u industrijski razvijenim zemljama 29.5 kg.

Riba je, s obzirom na njenu hranljivu vrednost, oduvek bila bitan deo trpeze našeg stanovništva. Iako je danas znatan deo ove hrane poreklom iz ribnjačkog uzgoja u toplovodnim, nizijskim i hladnovodnim, pastrmskim ribnjacima, lov riba iz prirodnih staništa u Srbiji i dalje predstavlja značajan izvor ribe namenjen tržištu (*Simonović, 2001*). Ipak, potrošnja ribe kod nas, ne zadovoljava se domaćom proizvodnjom, već uvozom. Dok proizvodnja i ulov beleže pad poslednjih godina, uvoz drastično raste. Tako je uvoz ribe od 2001. god sa 17 hiljada tona porastao na 29 hiljada tona 2006. godine. Riba se u našoj zemlji konzumira najviše za vreme tradicionalnih praznika i u dane posta. Potrošnja ribe u Srbiji prema podacima o ulovu, proizvodnji u akvakulturi i uvozu ribe je nešto preko 5 kg po stanovniku godišnje. Smatra se da nepoljoprivredna domaćinstva troše 4.1 kg ribe, mešovita 3 kg, a poljoprivredna 2.9 kg godišnje (*Milanović, 2000*). Prema FAO-im podacima, potrošnja ribe u našoj zemlji iznosi oko 3 kg po glavi stanovnika godišnje. Procena našeg Zavoda za statistiku je da je ta potrošnja oko 5 kg, dok je naša procena, da se u Srbiji potrošnja kreće oko 7 kg po stanovniku na godišnjem nivou (*Baltić i sar. 2009b*).

2.3.4. Obrada i prerada ribe

2.3.4.1. Izbor sirovine

Za proizvodnju ribe može se koristiti samo sirovina koja bi i sveža i zamrznuta bila pogodna za prodaju, odnosno bezbedna sirovina, neškodljiva po zdravlje potrošača. Uprkos tome što može maskirati i ukus i miris i boju, loš kvalitet početne sirovine ne može se popraviti.

Pri izboru sirovine, treba voditi računa da riba koja se koristi u procesu proizvodnje bude bakteriološki ispravna. Kontaminacija mesa riba bakterijama može da bude direktna, kada mikroorganizmi potiču iz zagađene sredine ili indirektna kada je prisustvo bakterija u mesu riba posledica kontaminacije ribe u toku manipulacije sa ribom od izlova, tokom čuvanja do momenta uključivanje sirovine u proces proizvodnje (**Karabasil i sar., 2005**).

Neadekvatan izbor sirovine, nepažljiva manipulacija sirovinom u toku primarne obrade i nekorektna i nehigijenska proizvodnja mogu usloviti, sa jedne strane kontaminaciju sirovine nepatogenim mikroorganizmima, koji smanjuju kvalitet gotovog proizvoda, ali sa druge strane, što je značajnije sa aspekta zdravlja potrošača, pojavu patogenih mikroorganizama u gotovom proizvodu, što je ujedno i najznačajniji aspekt bezbednosti hrane kada su u pitanju proizvodi od ribe. Sa jedne strane, kako proizvodnja ribe u svetu raste, problemi vezani za prisustvo patogenih mikroorganizama u njima i dalje postoje (**Gudbjornsdottir i sar., 2010**). Patogeni mikroorganizmi u proizvodima od ribe mogu se podeliti na svojstvene patogene bakterije - *Clostridium botulinum* tip E, *L. monocytogenes*, *Aeromonas hydrophila* i *Vibrio sp.*, odnosno, one koji potiču iz vodene sredine i na ne-svojstvene patogene bakterije – *Salmonella sp.*, *Escherichia coli* i *Staphylococcus aureus*, koje su u mesu ribe dospеле kao posledica naknadne kontaminacije u toku procesa proizvodnje i čiji su rezervoari ljudi i životinje (**Dimitrijević Mirjana, 2007; Huss i sar., 1995**).

2.3.4.2. Obrada ribe

Postupak primarne obrade ribe uključuje različite operacije što zavisi od vrste i veličine ribe, njene namene itd. U osnovi se pod primarnom obradom ribe podrazumevaju: a) omamljivanje ribe, b) iskrvarenje ribe, c) odsecanje glave i škrga, d) skidanje krljušti (riba koja ima krljušti) i sluzi, e) vađenje unutrašnjih organa (egzenteracija) i f) pranje ribe. Izostajanje pojedinih od

navedenih postupaka veoma su česti. Za kvalitet krajnjeg proizvoda neophodno je da se proizvodnja zasniva na temeljnim načelima koji podrazumevaju higijenske uslove rada i pribora sa kojima riba dolazi u kontakt kao i brzinu izvođenja svih operacija.

Omamljivanje ribe obavlja se električnom strujom, a iza toga se pristupa iskrvarenju. Omamljivanje ribe se može obaviti pre svega na humani način, tj. električnom strujom, ali i poleđivanjem. U trendu sa savremenim događajima koji skreću pažnju na dobrobit životinja u toku klanja pa i riba, u svetu se sprovode istraživanja u ciju dokazivanja pozitivnog efekta „humanog klanja” ribe na njenu održivost, tj. kvalitet. Tako su **Giuffrida i sar. (2007)** došli do podataka u kojima su utvrdili statistički značajno niži broj mezofilnih i psihrotrofnih bakterija u uzorcima šarana omamljenih električnom strujom. Oni su ustanovili da je električno omamljivanje, kao najhumaniji vid klanja, imalo u odnosu na druge vidove klanja, najmanje nepoželjnog uticaja na kvalitet mesa ribe.

Iskrvarenje treba da se obavi tako da bude brzo i dobro, iz razloga što krv, koja se zadrži u mesu nakon iskrvarenja i uginuća, predstavlja pogodnu sredinu za razmnožavanje bakterija. U osnovi, iskrvarenje je takođe bolje ako se obavi dok je riba još živa, jer se time omogućava bolje iskrvarenje (**Baltić i Teodorović, 1997**). Međutim, istraživanja ukazuju na to da stres prouzrokuje porast volumena krvi u mišićima, usporavajući razmenu krvi sa krvnim sistemom. Stres, takođe, prouzrokuje ubranu kogulaciju krvi, što otežava iskrvarenje (**Olsen i sar., 2006, Lambooi i sar., 2004; Aske i sar., 2001**). Takođe, stres povećava viskoznost krvi i sposobnost stvaranja ugrušaka. Ribe, živeći u prirodi, razvile su nekoliko mehanizama, koji im omogućavaju da brzo „zatvore“ rane. Pored velikog broja trombocita, njihov organizam takođe ima sposobnost da stvara fibrinske niti, koje stvaraju lepljive ugruške koji omogućavaju brzo zatvaranje rane, a samim tim i lošije, slabije iskrvarenje (**Roth i sar., 2005**).

Osnovni razlozi zbog kojih egzenteracija treba što brže da se obavi su: presecanje velikih krvnih sudova i iskrvarenje, zatim vađenje želuca i creva koji mogu da ubrzaju kvar ribe (**Torrieri i sar., 2006; Jay i sar, 2005a**). Digestivni trakt sadrži brojne bakterije i enzime koji mogu da izazovu kvar. Ukupan broj bakterija na škragama, odnosno u digestivnom traktu, kreće se od 10^3 - 10^9 /g (**Shewan, 1962**). Muskulatura riba koje su izlovljene je sterilna i zato pri egzenteraciji treba izbegavati zarezivanje muskulature jer svako oštećenje mišića može izazvati kontaminaciju mesa. Ukupan broj bakterija na koži ribe nakon izlova je veoma varijabilan i kreće se od 10^2 -

$10^7/\text{cm}^2$ kože (**Liston, 1980**). Takođe, prilikom egzenteracije treba paziti da ne dođe do oštećenja žučne kese i razlivanja žuči, jer takvo meso može poprimiti gorak ukus (**Baltić i Teodorović, 1997**).

Iskustva pokazuju da se najveći broj mikroorganizama sa površine kože otklanja pranjem ribe. Zbog rastresite strukture ribljeg mesa i nepostojanja vezivno-tkivnih fascija, prodiranje bakterija u meso je olakšano. Zbog toga je bitno da se pranje ribe obavi odmah posle egzenteracije uz stalan protok vode za piće. Na značaj pranja ribe nakon primarne obrade ukazuju i istraživanja **Kolodziejska-e i sar. (2002)** čiji rezultati pokazuju da se ukupan broj bakterija na površini kože ribe smanjuje nakon ove operacije.

Najvažnija promena koja nastaje posle ulova ribe, odnosno uginuća ribe je *rigor mortis*- pojava ukočenosti i tvrdoće mišića. Brzina nastajanja i dužina trajanja *rigor mortis*-a riba je veoma različit, čak i kod riba iste vrste. Kod pastrmke, *rigor mortis* nastane za 30 minuta a traje od 12 do 16 časova. Nastanak, trajanje i prestanak *rigor mortis*-a, zavise od: temperature, dužine delovanja, oblika, vrste i fizičkog stanja ribe. Nastanak *rigor mortis*-a počinje neposredno posle smrti ribe, što zavisi od rezervi glikogena, odnosno od postupaka sa ribom koji mogu da dovedu do stresa (**Baltić i Teodorović, 1997**). Uopšteno uzev, *rigor mortis* na višim temperaturama nastaje brže i jače je izražen, zbog čega se posledično javljaju povećana žilavost i značajnije otpuštanje vode. Na nižim temperaturama *rigor mortis* nastaje kasnije, duže traje i slabijeg je intenziteta. Kada se razgrade izvori energije u tkivu, povećava se pH, prestaje *rigor mortis* što čini muskulaturu ponovo opuštenom, ali bez elastičnosti koju je muskulatura imala pre nastanka *rigor mortis*-a (**Baltić i Teodorović, 1997**).

Na samom početku *rigor mortis*-a, meso ribe je neutralne do blago kisele reakcije (pH 6.5-6.9), što ne odgovara razvoju i razmnožavanju mikroorganizama. U tom periodu, dolazi do denaturacije proteina koji delimično gube sposobnost vezivanja vode (**Huss, 1995**). Zato se u proizvodnom procesu teži da se taj stadijum produži, što se i postiže nižim temperaturama, jer one inhibiraju aktivnost enzima koji učestvuju u razgradnji glikogena, a time i proces razgradnje mesa, odnosno nastanak kvara (**Šoša, 1989**).

Značaj *rigor*-a ogleda se naročito kod filetiranja ribe, odnosno, u tome da li je riba filetirana pre *rigor*-a ili posle prestanka *rigor*-a. Ako se riba filetira pre nastupanja *rigor mortis*-a ona kasnije

prolazi kroz *rigor*, a kako mišići nisu podupreti skeletom, lako može doći do njihovog pucanja i skraćivanja i za 10 do 14% (**Einen i sar., 2002**). Takođe, s obzirom da mišići nisu podupreti o skelet, oni se mogu slobodno kontrahovati, što dovodi do značajnijeg skraćivanja fileta (**Huss, 1995**). Naročito je nepogodno filetirati ribu u vreme trajanja *rigor*-a pa se takav postupak i ne sprovodi dok je *rigor* izražen, jer se dobijaju fileti koji nisu povezani, odnosno, iscepkani su. Ispitivanja su takođe pokazala da je u ovakvim filetima značajno otežano otklanjanje sitnih kostiju (rebara), a takođe je i otežena difuzija soli, ukoliko je soljenje obavljeno pre prolaska fileta kroz *rigor*. Razlog ove slabije difuzije je verovatno taj što ćelijske membrane, mišića koji nisu prošli kroz *rigor*, još uvek nisu oštećene delovanjem enzima koji se oslobađaju iz ćelija, prilikom *rigor*-a. Intaktne ćelijske membrane još uvek imaju sposobnost da regulišu osmotski pritisak unutar ćelije i vanćelijskog prostora (**Røra i sar., 2004; Taylor i sar., 2004**). Takođe, u mišićima koji nisu prošli kroz *rigor*, utvrđen je veći sadržaj adenzinotriposfata (ATP). Kako ćelijske membrane nisu oštećene, ATP-zavisna jonska pumpa u stanju je da održava koncentracioni gradijent membrane i na taj način sprečava i otežava difuziju soli (**Wang i sar., 2000**). Ispitivanja **Aske-a i sar. (2008)** pokazala su da filetiranje i soljenje bakalara i lososa pre nastanka *rigor mortis*-a povećavaju procenat skraćanje fileta, manji su prinosi, tj. veći je kalo, i fileti imaju tvrđu strukturu, u poređenju sa proizvodnjom dimljene ribe od sirovine koja je prošla kroz *rigor mortis*, kao i da su sve zapažene promene bile izraženije u posnijim uzorcima u odnosu na one sa višim procentom masti.

Ipak, mogućnost uključivanja ribe u proces proizvodnje pre nastanka *rigor*-a, imala bi veliki značaj u ekonomskom smislu, jer bi se smanjila dužina trajanja procesa proizvodnje ribe, i omogućilo bi se da se na tržištu u ponudi nađe veoma svež proizvod. Zato su poslednjih godina intenzivirana ispitivanja o uticaju sirovine koja nije prošla kroz *rigor* na kvalitet gotovog proizvoda. Pokazalo se da je od takve sirovine dobija finalni proizvod koji ima bolju teksturu i boju (**Røra i sar., 2004**). Utvrđeno je da je stres taj, koji ima uticaja na vreme nastanka *rigor mortis*-a, odnosno da stres pre klanja produžava vreme za koje nastaje ukočenost (**Roth i sar., 1999**). Norvežani su počeli da primenjuju princip hlađenja žive ribe pre omamljivanja i pre klanja, u cilju da umanje stres, odlože nastanak *rigor mortis*-a i omoguće filetiranje i uključivanje ribe u proces proizvodnje pre nastanka mrtvačke ukočenosti (**Taylor i sar., 2002; Skjervold i sar., 2001**).

Kao što se može videti, stres ima veliki uticaj na sam proizvodni proces, pa samim tim i na kvalitet ribe. Zato je od velikog značaja sprovesti dalja istraživanja, kojim bi se doprinelo utvrđivanju uticaja i posledičnog značaja stresa riba prilikom klanja na kvalitet gotovog proizvoda, a samim tim doprineti naglašavanju značaja poštovanja načela dobrobiti životinja.

2.3.4.3. Zamrzavanje ribe

Konzervisanje riba zamrzavanjem je najčešći i najpraktičniji način čuvanja mesa ribe. Sam postupak se temelji na činjenici da niske temperature koče aktivnost mikroorganizama i enzima. Ovakav način konzervisanja najmanje utiče na osobine mesa ribe. On se primenjuje kako na ribu koja je namenjena direktno potrošačima, tako i za ribu koja je namenjena za preradu što ima veliki značaj u sezonama većeg izlova, a u uslovima malih preradnih kapaciteta pogona za proizvodnju ribe. Na Evropskom tržištu sve više tražena i sve bolje prihvaćena zamrznuta riba kao početna sirovina za ohlađene proizvode (*Boknaes i sar., 2002*). Ono što je bitno, to je da korišćenje zamrznute sirovine u proizvodnji ribe, ne umanjuje kvalitet gotovog proizvoda, a sigurno da ima pozitivan efekat na ekonomsko poslovanje proizvođača (*Kilibarda Nataša, 2006*).

Riba može da se zamrzne u struji hladnog vazduha, u slanom rastvoru ili u „blok” zamrzivačima (horizontalni ili vertikalni). Bez obzira koji se od postupaka koristi, za kvalitetno smrzavanje i odmrzavanje ribe presudna je zona maksimalne kristalizacije, koja se mora postići u što kraćem vremenskom roku (*Šoša, 1989*). Promene zamrznutog mesa ribe mogu nastati kao posledica mikrobiološko-enzimskih promena na proteinima i mastima. Izraženost tih promena (strukturne, fizičke i fizičko-hemijske) zavisi od načina zamrzavanja (brzo ili sporo), visine temperature, dužine trajanja skladištenja, načina odmrzavanja, vrste ribe, stanja ribe pre zamrzavanja itd.

U zamrznutom mesu ribe mikrobiološka aktivnost bakterija se može zanemariti. Temperatura od -8 °C je ujedno i donja granica rasta nekih mikroorganizama kao što su psihrotrofi. Sudbina mikroorganizama u zamrznutom mesu uslovljena je velikim brojem činilaca koji se mogu podeliti u tri grupe: 1. Uloga samog mikroorganizma tj. vrste mikroorganizama, faza rasta, koncentracija ćelija i dr. 2. Uloga temperature smrzavanja, način smrzavanja i odmrzavanja, vreme čuvanja mikroorganizama pri temperaturi smrzavanja i dr. 3. Uticaj sredine u kojoj su

mikroorganizmi rasli pre smrzavanja, hemijski sastav sredine (pH, a_w vrednost) (**Baltić, 1979**). Prilikom smrzavanja opada a_w vrednost i raste koncentracija rastvorljivih materija u nesmrzutom delu vode što deluje nepovoljno na rast i razmnožavanje bakterija (**Vuković, 1998**). Rast koji se i odvija na nižim temperaturama praktično nema značaj na kvalitet mesa. Međutim, enzimi poreklom iz bakterija su aktivni i ispod temperature od -18 °C (aktivnost proteolitičkih enzima prestaje tek ispod -18 °C). Kod dugotrajnog skladištenja on može uticati na kvalitet mesa. Takođe, ektoenzimi mikroorganizama nastavljaju svoju aktivnost i nakon uginuća bakterija (**Šoša, 1989**). **Kolodziejska i sar. (2002)** ispitivali su mikrobiološki status gotovog proizvoda na kraju procesa proizvodnje i u toku skladištenja. Njihovi rezultati pokazuju da je zamrznuta riba kao početna sirovina na kraju procesa proizvodnje i u toku skladištenja imala manji ukupan broj bakterija na površini kože od sveže ribe koja je korištena kao polazna sirovina u ovom eksperimentu, što se podudara sa rezultatima naših prethodnih, uporednih ispitivanja hladno dimljene pastrmke proizvedene od zamrznute i sveže sirovine (**Kilibarda Nataša, 2006**).

2.3.4.4. Soljenje ribe

Soljenje je vrlo važna faza u okviru celokupnog procesa dimljenja ribe. Efekat soli na održivost mesa ribe, poznat je još iz davnih vremena, ali njegov uticaj na senzorne osobine gotovog proizvoda nije zanemarljiv. Soljenjem, meso dobija potrebnu količinu soli i specifičan ukus i delimično se denaturišu proteini, čime meso dobija izvesnu čvrstoću. Soljenje ima konzervišući efekat, s obzirom da se u mesu ribe povećava procenat soli u vodenoj fazi, a smanjuje aktivnost vode, tj. količina vode dostupna mikroorganizmima (**Jittinandana i sar., 2002; Leroi i sar. 2000**). Delovanje soli na meso ribe, zasniva se na tome da se jedan deo vode prisutne u mesu ribe zamenjuje solju, po principima odvijanja procesa osmoze i difuzije. Na ovaj način se iz tkiva izvlači voda i delimično odigrava ireverzibilna denaturacija proteina. Ova izmena odvija se dok se ne uspostavi ravnoteža između koncentracije soli u salamuri i vodenoj fazi mesa, iako se te koncentracije nikada ne izjednačuju. Koncentracija soli u ribi nikada ne može biti ista kao ona u salamuri. Soljenje se ne završava uspostavljanjem ravnoteže koncentracije, već traje sve dok se ne postigne željeni stepen slanosti, poželjan ukus, konzistencija i miris (**Baltić, Teodorović, 1997**).

Postoje tri osnovna postupka soljenja:

1. Vlažno soljenje, kada se riba potapa u pripremljeni slani rastvor, a u zavisnosti od koncentracije soli u vodi, soljenje može da bude lagano, srednje ili jako soljenje. Pri vlažnom soljenju (srednje i jako) odnos ribe u salamuri je najčešće 1:1. Drugi način vlažnog soljenja, postiže se ubrizgavanjem salamure u meso pomoću injektora.
2. Suvo soljenje, kada se riba soli (posipa) suvim kristalima soli, što ima za posledicu izvlačenje vode iz mesa ribe i nastanak slanog rastvora (salamure) koja se odstranjuje. U zavisnosti od odnosa količine soli i količine ribe, takođe se razlikuje lagano, srednje i jako soljenje.
3. Treći način soljenja je suvo soljenje u sopstvenoj salamuri, kada se riba soli na sličan način kao pri suvom soljenju, s tim što se u ovom slučaju, slani rastvor (salamura) ne odstranjuje, već se riba zadržava u njemu (*Baltić, Teodorović, 1997*).

Način soljenja ima uticaj na prinos, odnosno na gubitak mase sirovine tokom soljenja ali i na gubitak mase gotovog proizvoda. Suvo soljenje rezultira većim gubitkom mase ribe, dok pri vlažnom soljenju, posle početnog gubitka mase, kasnije u toku soljenja se postiže dobijanje na masi. Razlog tome je, što kod suvog soljenja, meso nije potopljeno u tečni medij, tako da tečnost (salamura) mora da se formira i to izlaskom unutarćelijske tečnosti na površinu mesa, što dovodi do većeg kala kod suvog soljenja. Kod vlažnog soljenja tečni medij postoji, tako da je difuzija vode iz mesa manja a samim tim su manji i gubici. Takođe, zbog boljeg kontakta slanog medijuma i površine mesa, utvrđen je viši sadržaj soli kod uzoraka potopljenih u salamuru, za razliku od onih koji su bili suvo soljeni. Za suvo soljenu ribu gubici su veći pri soljenju, ali za vlažno soljenu ribu gubicu su veći pri dimljenju, s obzirom na veću količinu vode u njima i njenom isparavanju tokom operacija sušenja i dimljenja (*Gallart-Jornet i sar., 2007; Cardinal i sar., 2001*). Najčešći način soljenja ribe u procesu proizvodnje jeste suvo soljenje i vlažno soljenje (potapanjem u salamuru) (*Espe i sar., 2001*).

Konzervišući efekat soli zasniva se na tome da ona snižava aktivnost vode u mesu ribe (a_w vrednost), smanjujući količinu vode dostupnu mikroorganizmima. Snižavanje a_w vrednosti, usporava razmnožavanje bakterija, i ispod određene vrednosti ono potpuno prestaje, ali vrlo retko dolazi do smrti bakterijskih ćelija (*Frangos i sar., 2010*). Prema *Leroi-u i Joffraud-u*

(2000) sadržaj soli u dimljenom proizvodu od ribe, ima značajan uticaj na određivanje njegove održivosti (*Yanar, i sar., 2006; Truelstrup Hansen i sar., 1995*). Natrijum hlorid se rastvara u vodi i povećava osmotski pritisak u supstratu. Takođe, kada joni kuhinjske soli uđu u tkivo, mogu se vezati i intereagovati sa molekulima proteina. Kada nema tih jona, na ta mesta bi se mogli vezati proteolitički enzimi mikroorganizama. Na taj način joni blokiraju stvaranje veze i sprečavaju delovanje bakterijskih enzima. Takođe, hloridni joni su toksični za pojedine vrste mikroorganizama (*Goulas i Kontominas, 2005; Leroi i sar., 2000*). Međutim, ne inhibiraju se podjednako sve bakterijske vrste u količini rezidualne vode. Niske koncentracije soli pogoduju razvoju najvećeg broja bakterija (*Šoša, 1989*). To pokazuju i ispitivanja koja su sprovedi *Kolodziejska i sar. (2002)*. Broj bakterija na koži ribe, koju su oni ispitivali, nakon soljenja se značajno redukovao, ali je na površini kože ipak ostao određen broj bakterija koje su i u uslovima povećane koncentracije soli nastavile da se razvijaju. Temperatura skladištenja kao i količina soli u uzorku imaju značajnu ulogu u određivanju održivosti proizvoda (*Truelstrup Hansen i sar., 1995*).

2.3.4.5. Mariniranje ribe

Marinade su slano-kiseli nepasterizovani proizvodi koji su proizvedeni odgovarajućim tehnološkim postupcima, u koje je dodato povrće (ili nije dodato), zaliveni salamurum, sirćetnom kiselinom, sosom ili uljem. Prema postupku prerade, marinade se stavljaju u promet kao hladne marinade i pržene marinade. Hladne marinade su oni proizvodi koji se dobijeni preradom sveže ili soljene ribe, dok su pržene marinade proizvodi koji su dobijeni preradom termički obrađene ribe.

Proizvodnja marinirane ribe u našoj zemlji nema većeg značaja. U zemljama severne i severozapadne Evrope ovaj način konzervisanja predstavlja značajan deo ribarske proizvodnje.

Osnovno konzervišuće delovanje marinada zasniva se na delovanju kiselog rastvora (sirćetna kiselina), zatim na delovanje soli, toplotnoj obradi (ukoliko se ona primenjuje) i delovanju niskih temperatura (hladne marinade).

Prema načinu pripreme marinade se dele u tri grupe:

- hladne marinade
- kuvane marinade
- pečene marinade

Sirovina za pravljenje hladne marinade treba da bude sveža. Primarna obrada ribe treba da usledi odmah posle ulova, a higijeni obrade ribe se posvećuje posebna pažnja. Osnovna faza proizvodnje hladnih marinada je držanje ribe u kiselom rastvoru. Ovaj rastvor sadrži od 4,5 do 7% sirćetne kiseline, od 7% do 10% soli i malu količinu začina. Odnos ribe i rastvora je 1,5:1. U ovom rastvoru riba se drži nekoliko dana, a zrenje marinade može da se produži i do mesec dana. Za vreme zrenja nastaju promene na proteinima (denaturacija, koagulacija i prevođenje iz sol u gel stanje), gubi se deo vode (i do 20% od mase ribe) i deo rastvorljivih proteina prelazi u rastvor. Na kraju zrenja ovaj rastvor ima specifičan miris. Posle završetka zrenja, riba se kratko ispere i ocedi, a zatim se stavlja u sudove koji se nalivaju rastvorom koji je nešto blaži od rastvora namenjenog za zrenje ribe. Rastvoru se dodaju začini i povrće. Koncentracija sirćetne kiseline i soli u rastvoru treba da budu na gornjoj granici prihvatljivosti za potrošača. Salamura (najčešće) sadrži 1 do 2% sirćetne kiseline, 2 do 5% soli, 2 do 4% šećera, začine i konzervanse. Od hladnih marinada poznate su rusli, rolompsi, bizmarc, haringe, delikates haringe, kron-sardine, hladno marinirani oslić i hladno marinirani losos itd (**Baltić i Teodorović, 1997**).

2.3.4.6. Pakovanje ribe

U današnje vreme koriste se različite tehnike pakovanja hrane, koje se iz godine u godinu stalno unapređuju i rezultiraju pronalazanjem još savršenijih metoda. Prema Odredbi Evropske Unije o materijalima i predmetima koji dolaze u dodir s hranom koja je stupila na snagu 2004. godine (Regulation 1935/2004), dopušteno je uvođenje „aktivne” i „inteligentne” ambalaže (**Anon, 2009b**). Osim toga, u EU „sledljivost“ hrane je postala zakonska obaveza usvajanjem Opšteg zakona o Hrani (General Food Law, 2006). Ova sledljivost ima za cilj da omogući praćenje proizvoda od farme do trpeze, koja će omogućiti pružanje informacija o proizvodu u svakom momentu (**Pacquit i sar., 2007**).

Pod pojmom „aktivna” ambalaža definiše se materijal koji je konstruisan na način da otpušta aktivne komponente u hranu ili ih apsorbuje iz hrane s ciljem produžavanja roka trajanja ili održavanja ili poboljšavanja uslova pakovanja (**Anon, 2009b**). U tehnologiju aktivnog pakovanja hrane spadaju sistemi iz kojih se uklanja kiseonik, sistemi koji apsorbuju i kontrolišu vlagu,

sistemi koji generišu ugljen dioksid, sistemi koji generišu etanol, inkorporisanje antimikrobnih supstanci i dr. (*Radetić i sar., 2007*). Kao jedan od načina pakovanja ribe, koja je blago konzervisana, kao što je hladno dimljena riba, spominje se pakovanje ribe u modifikovanoj atmosferi u kombinaciji sa aktivnim pakovanjem. Naime, ovakav način pakovanja podrazumeva pakovanje ribe u smeši gasova u kojem je inkorporiran sistem koji ima mogućnost da apsorbuje i neutralizuje trimetilamin, čime se održivost proizvoda produžuje i za deset dana (*Franzetti i sar. 2001*).

Pod „inteligentnom” ambalažom se podrazumeva materijal koji dolazi u dodir s hranom i koji ujedno ukazuje na stanje upakovane hrane, te daje informaciju o svežini, odnosno kvalitetu proizvoda, a da pri tome nije potrebno otvaranje ambalaže da bi se proverio kvalitet. Tipični primeri „inteligentne” ambalaže sadrže pokazatelje vremena i temperature, a učvršćuju se na površinu ambalaže. Na isti način se mogu upotrebiti i pokazatelji prisutnosti kiseonika i ugljendioksida. Postoje i pokušaji upotrebe pokazatelja razvoja kvarenja proizvoda koji reaguju sa isparljivim supstancama nastalim u hemijskim, enzimskim ili mikrobiološkim reakcijama razgradnje (*McMillin, 2008*). Tako u ribarskoj industriji postoje počeci primene jednostavnih indikatora svežine, koji se unutar pakovanja nalaze u formi senzora i koji registruju nakupljanje isparljivih hemijskih jedinjenja koja sadrže azot, a odgovorni su za nastanak kvara ribe i proizvoda (*Pacquit i sar., 2007*). Takođe, postoji i mogućnost ispitivanja prisustva i kontrolisanja neželjenih mikroorganizama. Zato sa pravom, ovu vrstu pakovanja hrane, u svetu nazivaju „pakovanje koje oseća i informiše” (*McMillin, 2008*).

U kategoriji inteligentne ambalaže posebno mesto zauzima „elektronski papir”. Radi se o tehnologiji tankog displeja, mikročipa, koji emituju radio signale koji omogućavaju proizvođačima i prodavcima da ih kontinuirano prate dok se kreću od fabričkih hala do prodavnica i naplatnih kasa. Aplikovan na ambalažu, mikročip, sadrži gotovo sve informacije važne proizvođaču i krajnjem korisniku. To može biti datum proizvodnje, rok trajanja proizvoda, oznake šarže ili proizvodne linije, sastav proizvoda, njegov serijski broj, nutritivna vrednost, način upotrebe, čuvanja itd.. Trenutno problem nije u tehnologiji, već u ceni, koja dostiže i do nekoliko desetina dolara po mikročipu (*Dainelli i sar. 2008*).

Pakovanje hrane u modifikovanoj atmosferi praktikuje se intenzivno u Evropi (u Danskoj je u široj upotrebi još od kraja sedamdesetih godina prošlog veka), Kanadi i SAD-u, a od nedavno i u azijskim zemljama, npr. Japanu (*Radetić i sar., 2007*). Za neke proizvode je pakovanje u

modifikovanoj atmosferi postalo dominantan način pakovanja. Tako se pakovano u smeši gasova prodaje 95% sveže paste u Velikoj Britaniji, 30% ohlađenog mesa, suva hrana 14% i morski plodovi 10%. Ovaj sektor pokazuje najveći rast u pakovanju voća i povrća (*McMillin, 2008*). Potražnja za hranom pakovanom u modifikovanoj atmosferi porasla je u Velikoj Britaniji za 40%, a u Francuskoj za 25% u periodu između 1994. i 1999. godine (*Murcia i sar., 2003*).

Konzervišuće delovanje gasova primenjenih u pakovanju namirnica zasniva se na njihovoj sposobnosti da onemogućavanjem ili usporavanjem rasta i razmnožavanja mikroorganizama, utiču na zaustavljanje, odnosno usporavanje procesa razlaganja koje prouzrokuju mikroorganizmi ili fizičko hemijski agensi koji dubinski menjaju proizvod čineći ga nepodobnim za konzumiranje (*Masnyom i sar., 2002*). Međutim primena gasova, a pre svega CO₂, u industriji hrane, i njihova konzervišuća osobina nije nova tehnologija. Čak davne 1877. godine *Pasteur* i *Joubert* su primetili da *Bacillus anthracis* može biti uništen primenom CO₂ i pet godina kasnije je objavljen prvi članak o konzervišućem dejstvu CO₂, koji je ukazivao na činjenicu da govede mesa smešteno unutar cilindra napunjenog sa CO₂ ima značajno veću održivost (*Siverstvik i sar., 2002*). Pre oko sto godina, patentiran je pronalazak, gde se mesu prekrivajući se smešom CO₂/CO, povećavala održivost. Pa ipak, prva komercijalna primena pakovanja hrane u smeši gasova zaživela je tek 1974. godine, kada je francuska firma „*Scopa*“, počela da prodaje meso, upakovano u smeši gasova (*McMillin, 2008*). Prva ispitivanja pakovanja ribe i ribljih proizvoda u modifikovanoj atmosferi, sprovedena su tridesetih godina prošlog veka (*Stamatis i Arkoudelos, 2007; Siverstvik i sar., 2003*). Kratak pregled događaja koji su obeležili početak pakovanja hrane u smeši gasova i njen dalji razvoj prikazani su u *Tabeli 2.19*.

Tabela 2.19. Pregled istorije upotrebe MAP (*Jay i sar. 2005b*)

godina	događaj
1882	Utvrđen je nivo CO ₂ koji produžava rok trajanja mesa za 4 do 5 nedelja
1889	Dokazano je antimikrobno svojstvo CO ₂
1895	Utvrđeno je da 100% CO ₂ inhibiše germinaciju spora plesni
1910	Rasprostranjeno je pakovanje određene hrane u smeši gasova
1938	Oko 26% govedine na Novom Zelandi i 60% govedine u Australiji transportuje se pakovana u MAP

Namirnice se brzo kvare na vazduhu, zbog gubitka vlage, delovanjem kiseonika, kao i zbog rasta i razmnožavanja aerobnih mikroorganizama, bakterija i kvasaca. Dolazi do promene u teksturi,

boji, mirisu ukusu i nutritivnoj vrednosti hrane. Ove promene namirnice čine neprihvatljivim za ljudsku upotrebu, a ne rekto i nebezbednim po zdravlje potrošača. Pakovanje dimljenih proizvoda od mesa ribe u vakuumu pogodno je za čuvanje proizvoda i do tri nedelje. Kod pakovanja u vakuumu, uklanjanjem vazduha u ambalaži nepropusnoj za kiseonik, stvaraju se anaerobni/mikroaerofilni uslovi, povećava sadržaj CO₂ i smanjuje pH proizvoda. Kiseonik zaostao u ambalaži prelazi u ugljen dioksid zbog respiracije mesnog tkiva i bakterijske aktivnosti. Ovakvi nastali uslovi suzbijaju rast aerobnih bakterija i omogućuju rast fakultativnih anaeroba. Običnim vakumiranjem produžuje se održivost, ali se namirnice tako isušuju. Zato je pakovanje namirnica u smeši gasova, tj. modifikovanoj atmosferi, ili MAP (*Modified Atmosphere Packaging*) vodeća tehnologija pakovanja 21. veka, koje u osnovi deluje kao vakuum pakovanje, samo što je razlika u tome što se kod vakuum pakovanja unutrašnji milje koji inhibira mikroorganizme razvija u samom pakovanju, dok se kod MAP, smeša gasova inicira, da bi se stvorili isti uslovi (*Radetić i sar. 2007; Goktepe i Moody, 1998*). Pakovanje u modifikovanoj atmosferi u poslednjoj dekadi 21. veka, steklo je značajnu popularnost, kao jedan moderan, ne-toplotni metod konzervisanja hrane (*Patsias i sar., 2006*). Tehnologija pakovanja u modifikovanoj atmosferi sastoji se u primeni gasova u cilju održanja kvaliteta od proizvođača do potrošača, odnosno održavanja originalnih svojstava dimljenog proizvoda (*Cutter Katherine, 2002; Masniyom i sar. 2002*). Čuvanje ribe u smeši gasova, može se održati kvalitet i produžiti rok trajanja, usporavanjem biohemijskih i hemijskih reakcija, a takođe i usporavanjem, a u nekim situacijama i onemogućavanjem rasta mikroorganizama (*Lyhs i sar., 2007; Chytiri i sar., 2004; Huss, 1988*). Postoje podaci da se pakovanjem ribe i proizvoda od ribe u smeši gasova povećava njihova održivost za od 0% do 280% u odnosu na ribu i proizvode od ribe čuvane na vazduhu (*Özogul i sar., 2004*), odnosno za 1,5 do 2 puta duže (*Erkan i sar., 2006; Ward, 2001*). Povećana održivost ribe pakovane u smeši gasova utvrđena je za mnoge vrste riba i proizvoda od riba kao što su bakalar, haringa, losos, afrički som, pišmolj, tilapija, pastrmka (*Rosnes i sar., 2006*). Ipak, pakovanje u modifikovanoj atmosferi ne može poboljšati kvalitet proizvoda (*Özogul i Özogul, 2004*). Zato je bitno da se za pakovanje koristi sirovina visokog kvaliteta, a dobra proizvođačka praksa i hladni lanac su obavezujući, kako bi se održali kvalitet i produžila održivost hrane pakovane u modifikovanoj atmosferi (*McMillin, 2008; Mullan, 2002; Cann, 1984*). Održivost različitih vrsta mesa i ribe i plodova voda pakovanih u smeši gasova u odnosu na njihovo pakovanje u vakuumu ili čuvanju na vazduhu prikazamo je u *Tabeli 2.20*.

Tabela 2.20. Uticaj pakovanja na održivost različitih vrsta mesa i ribe i plodova voda
(Dalgaard, 1995a)

Vrsta prizvoda	Temperatura skladištenja	Održivost (dani)		
		Vazduh	Vakuum	MAP
Meso	1.0 – 4.4	1 – 3	1 – 12	3 -21
Govedina, piletina,				
Posna riba	0.0 – 4.0	1 – 2	1 – 2	1 - 3
Bakalar, šarun, vuk,				
Masna riba	0.0 – 4.0	1 – 2	1 – 2	1 - 3
Haringa, losos				
Plodovi voda				
Krabe, škampi, školjke	0.0 – 4.0	1/2 – 2	-	1/2 - 3
Ribe toplih voda				
Tilapija, sabljarka, špic	2.0 – 4.0	1/2 – 2	-	2 - 4

Pakovanjem hrane, pa samim tim i dimljenih proizvoda od ribe, u modifikovanoj atmosferi ostvaruju se sledeće prednosti:

- povećanje održivosti upakovanih proizvoda za dva do pet puta, što znači povećanje količine stalno sveže hrane na tržištu,
- smanjenje količine proizvoda koji se kvare
- povećanje efikasnosti proizvodnje i distribucije i smanjenje troškova
- povećanje prodaje proizvoda koji zadovoljavaju sve strožije zahteve potrošača za prirodnim očuvanjem kvaliteta hrane, bez aditiva i konzervansa;
- povećanje ukupne prodaje jer se ovako upakovani proizvodi mogu ponuditi novim tržištima
- jača ambalaža - veća fleksibilnost pakovanja i distribucije
- atraktivniji izgled hrane

- samo pakovanje nije u strogom kontaktu sa sadržajem, a opet, sa druge strane, kupac može jasno videti proizvod
- smanjuju se troškovi proizvodnje, jer pojedini proizvodi koji bi inače na tržištu morali da se nađu zamrznuti, pakovani u smeši gasova, imaju veću održivost, i mogu se čuvati na temperaturama frižidera (**Brody, 1989**).

Naravno da pakovanje hrane u smeši gasova ima i svoje nedostatke, o čemu će nešto kasnije u tekstu biti reči.

Modifikovana atmosfera podrazumeva zamenu vazduha u pakovanju sa određenom smešom gasova. Najčešća kombinacija gasova jesu ugljen dioksid, azot i kiseonik. Zastupljenost svake komponente (sadržaja gasa) je fiksna prilikom uvođenja gasa, ali ne podleže naknadnoj kontroli, tokom skladištenja, tako da se zastupljenost gasova tokom skladištenja neizbežno menja. Gasovi se kod pakovanja u modifikovanoj atmosferi menjaju tokom vremena, zbog reakcije između komponentata u atmosferi i proizvoda i/ili zbog transmisije gasova iz pakovanja kroz filmove za pakovanje (**Kerry i sar., 2006; Siverstvik i sar., 2003**). To i jeste razlika od kontrolisanog pakovanja u modifikovanoj atmosferi, gde se zastupljenost gasova tokom skladištenja stalno kontroliše (**Papkovsky, 2006; Cann, 1984**). Zato hranu pakovanu u modifikovanoj atmosferi treba posmatrati kao dinamičan sistem u kojem se stalno menja sastav gasova, odnosno odvija se difuzija gasova iz pakovanja (**Papkovsky, 2006**). Tome u prilog govore ispitivanja **Muratore-a i Licciardello-a (2005)** koji su tokom skladištenja pratili promenu gasova u hladno dimljenoj sabljarki (*Xiphias gladius*) pakovanoj u smeši gasova. Oni su utvrdili da se sadržaj CO₂ smanjivao u smeši gasova, a O₂ povećavao. Rezultati njihovog ispitivanja potvrđuju činjenicu da se ugljen dioksid rastvarao u tkivima, ali takođe i da je smanjenje njegovog sadržaja bilo posledica odvijanja mikrobiološke respiracije, kao i propustljivosti materijala za pakovanje. Slične rezultate dobili su u svojim ispitivanjima i **Torrieri i sar. (2006)**.

Da bi se gasovi ispravno upotreбили moraju se dobro poznavati svojstva i uloge zaštitnih gasova ali i priroda i karakteristike proizvoda koji se pakuje, kao na primer: procenat sadržaja vlažnosti, nivo lipida, boja, pH itd. Pakovanje u modifikovanoj atmosferi uglavnom zahteva primenu mešavine najmanje dva gasa, a njihovi optimalni odnosi variraju u zavisnosti od vrste ribe, a osnovna namena im je produženje održivosti proizvoda, osiguravanje bezbednosti i održavanje

organoleptičkih svojstva namirnice (*Mullan, 2002*). Najčešća kombinacija gasova koja se primenjuje kod pakovanja ribe i proizvoda od ribe su ugljen dioksid i azot. Kiseonik se može koristiti u smeši gasova, čak je i poželjan kod posnih riba, s obzirom na činjenicu da njegovo prisustvo utiče na očuvanje prirodne boje, dok je u pakovanju masnih riba, kao što je to skuša, njegovo prisustvo nepoželjno, zbog toga što pospešuje oksidacione promene na mastima (*Sivertsvik i sar., 2002*). *Pantazi i sar. (2008)* su utvrdili i da je stepen inhibicije mikroorganizama pre svega psihrotrofnih, aerobnih gram negativnih bakterija proporcionalna sadržaju CO₂, ali i da je inhibicija uspešnija kada je ta koncentracija viša u kombinaciji gasova CO₂/N₂, nego u smeši koja se sastoji od CO₂/O₂.

Ugljen dioksid je bezbojan gas čije su osobine, dobra rastvarljivost u vodi i mastima i u još nekim organskim jedinjenjima. Rastvaranjem u vodi, obrazuje ugljenu kiselinu (H₂CO₃) koja povećava kiselost i snižava pH rastvora, odnosno pH proizvoda, čime se stvaraju uslovi sredine koji su nepovoljni za rast i razmnožavanje mikroorganizama. Promene u pH posledica su adsorpcije ugljen dioksida na površinu hrane i posledičnom jonizacijom ugljene kiseline (*Sandhya, 2010; Sanjeev i Ramesh, 2006; Devlieghere i sar., 1998*). Rastvorljivost CO₂ u proizvodima od hrane, vodi ka razlaganju CO₂ prema sledećoj jednačini:



Iz jednačine se vidi da se ugljena kiselina javlja u malim količinama, uključujući i slabo kiselo područje pH, da je jon kiseli karbonat HCO₃⁻ dominantan u slabo kiselom i baznom području, dok karbonat CO₃²⁻ dominira u slabo kiselom i slabo baznom području. Pri visokom pH sredine, povećava se i rastvorljivost ugljen dioksida. Pri niskom pH, u kiseloj sredini, reakcija će se odvijati u suprotnom smeru, odnosno ka stvaranju CO₂, tako da će manja količina ugljen dioksida biti raspoloživa da se rastvori u vodenoj fazi (*Arashisar i sar., 2004; Devlieghere i Debevere, 2000; Devlieghere i sar., 1998*). Ugljen dioksid usporava razvoj bakterija i pojavu plesni, odnosno ispoljava bakteriostatsku i fungiostatsku aktivnost, čime doprinosi povećanju roka trajanja namirnica. Tako da, kako raste koncentracija CO₂, tako i raste inhibicija rasta mikroorganizama. Međutim sam pad pH vrednosti u proizvodu ne objašnjava u potpunosti bakteriostatski efekat ugljen dioksida. Iako je efekat CO₂ na rast bakterija kompleksan, četiri mehanizama uticaja CO₂ na mikroorganizme su razjašnjena. Ugljen dioksid:

- uzrokuje oštećenje na ćelijskoj membrani i izaziva promene funkcije ćelijske membrane, uključujući efekat na procese apsorpcije i transporta nutrijenata kroz ćelijsku membranu. Moguće je da ugljen dioksid reaguje sa lipidima ćelijske membrane, čime se menja sposobnost membrane za transport pojedinih jona,
- izaziva direktnu inhibiciju sinteze pojedinih enzima ili smanjenje brzine enzimskih reakcija. Smatra se da bi primarno mesto takvog dejstva bile pre svega reakcije karboksilacije i dekarboksilacije.
- prodire u bakterijske membrane što dovodi do promena u intraćelijskoj pH vrednosti (acidifikacija) (čak i više nego što to može izazvati slična spoljašnja acidifikacija) (*Cornforth i Hunt, 2008*) i
- i izaziva direktne promene na fizičko-hemijskim osobinama proteina (*Goulas , 2008; Siverstvik i sar., 2002*).

Najverovatnije je da kombinacija svih mehanizama obezbeđuje bakteriostatski efekat. Takođe je utvrđeno da ugljen dioksid produžava *lag* fazu rasta mikroorganizama i smanjuje rast tokom logaritamske faze (*McMillin, 2008; Sanjeev i Ramesh, 2006; Lyhs, 2002; Mokhele i sar., 1983*). To se može objasniti činjenicom da CO₂ inhibitorno utiče na rast mikroorganizama, pre svega tako što inaktivira pojedine enzime mikroorganizama, najčešće hidrolaze, i na taj način inhibira rast prisutne mikroflore (*Mitsuda i sar., 1980*). Koliko će se pakovanjem u smeši gasova produžiti održivost hrane, zavisi od bakteriostatskog efekta a koji je uslovljen sa više činilaca (*Fernández i sar., 2009*). Pre svega to su dobar kvalitet početne sirovine, higijena tokom proizvodnog procesa, pravi izbor materijala za pakovanje, oprema za pakovanje, pravilan izbor kao i odnos gasova (*Fernández i sar., 2009; Siverstvik, 2007; Sanjeev i Ramesh, 2006; Soccol i Oetterer, 2003*). Ipak, najbitniji od svih faktora su pre svega količina ugljen dioksida koja je rastvorena i temperatura čuvanja (*Rotabakk i sar., 2008*). Poznato je da veće koncentracije ugljen dioksida u pakovanju, uspešnije utiču na održivost ribe i proizvoda od ribe. Međutim, postoje i podaci u literaturi koji upućuju na to da bi visoke koncentracije ugljen dioksida prilikom pakovanja ribe i ribljih proizvoda trebalo izbegavati, iz razloga što se CO₂ rastvara u soku ribljeg mesa i deformiše pakovanje (*Arashisar i sar., 2004*).

Sa snižavanjem temperature, povećava se rastvorljivost ugljen dioksida, zbog čega je najveća antimikrobna aktivnost ovog gasa izražena pri temperaturama ispod 10 °C, a optimalna je na temperaturama nižim od 5 °C, odnosno na temperaturama skladištenja (*Mullan, 2002; Siverstvik*

i sar., 2002). Zato se sve pogodnosti pakovanja u modifikovanoj atmosferi postižu jedino ako se proizvod čuva ispod 5°C (*Cann, 1984*). Međutim, antimikrobni efekat pri niskim temperaturama, ne može se pripisati samo boljoj rastvorljivosti ugljen dioksida, već i izraženijoj osetljivosti bakterijskih ćelija na CO₂ pri niskim temperaturama (*Devlieghere i sar., 1998*). Ovde je bitno napomenuti upravo značaj temperature skladištenja proizvoda, s obzirom da je sprovedenim ispitivanjima autora *Limbo-a i sar., 2010; Kennedy-a i sar. 2005* utvrđeno da se čak 30% hrane koja bi trebalo da se čuva pri temperaturama hlađenja, u zemljama Južne Evrope, čuva u prodavnicama i domaćinstvima pri temperaturama preko 10 °C, a čak i 5% hrane u prodavnicama i domaćinstvima u Severnoj Evropi. Nakon otvaranja pakovanja, CO₂ se polako oslobađa iz proizvoda i nastavlja da ispoljava svoj inhibitorni efekat još određeno vreme, što se smatra rezidualnim efektom CO₂ (*Wang i Ogydziak, 1986*). *Ravi Sankar (2008)* navode da izraženost antimikrobnog efekta ugljen dioksida zavisi još i od tipa mikroorganizma, starosti, nivoa mikrobiološke kontaminacije, koncentracije gasa i vrste hrane.

Azot je inertan gas, bez boje, mirisa i ukusa. Slabo je rastvorljiv u vodi i mastima. Ne stupa u hemijske interakcije sa supstancama sa kojima dolazi u kontakt. Korišćenje azota, s obzirom na njegovu osobinu slabe rastvorljivosti, omogućava manji efekat skupljanja (sužavanja) prevlake za pakovanje, tj. sprečava tzv. kolaps pakovanja, koji nastaje zbog prisustva CO₂ (posledica je smanjenja volumena, usled prelaska CO₂ u tkivo) (*McMillin, 2008; Sanjeev i Ramesh, 2006; Fellows, 2000*). Azot se koristi kao gas koji zamjenjuje kiseonik u pakovanju, i na taj način sprečava oksidaciju, užegnuće, rast aerobnih mikroorganizama, razmnožavanje plesni, napade insekata, ali ne sprečava rast anaerobnih mikroorganizama (*Sandhya, 2010*). Azot kao apsolutno inertan gas, javlja se u skoro svim kombinacijama MAP-a (*Mullan, 2002*).

Kiseonik je bezbojan gas. Slabo je rastvorljiv u vodi. Najveći deo najčešćih bakterija i gljivica koje izazivaju kvar hrane su aerobi, pa je kiseonik generalno nepoželjan prilikom pakovanja i cilj je da se u pakovanju svede na minimum. Odgovoran je za razvoj aerobne mikroflore i za oksidaciju nekih hranljivih sastojaka (vitamini, lipidi) što dovodi do gubljenja hranljive vrednosti i promene boje kao i pojave neprijatnih mirisa, tj. promene originalnih svojstava proizvoda. Međutim, njegovo prisustvo je neophodno da bi se očuvala boja pojedinih namirnica (meso), određeni vitalni mikroorganizmi (tipično za mlečne proizvode) i sprečio rast anaerobnih mikroorganizama (*Mullan, 2002*). Kiseonik u malim količinama u pakovanjima u modifikovanoj

atmosferi takođe inhibira redukciju trimetilamin oksida (TMAO) u trimetilamin (TMA), što naročito ima značaja kod pakovanja ribe.

U pakovanju hrane u smeši gasova mogu se koristiti i neki drugi gasovi. Ugljen monoksid (CO) je bezbojan, u vodi rastvorljiv gas, ali mnogo bolje u nekim drugim organskim rastvaračima. Koristio se prilikom pakovanja mesa, ali mu je primena ograničena zbog njegove toksičnosti i potencijalne opasnosti od stvaranja eksplozivne mešavine sa sastojcima hrane. Plemeniti gasovi kao što su helium (He), argon (Ar), ksenon (Xe) i neon (Ne), korišćeni su u brojnim pakovanjima, zbog njihove slabe reaktivnosti, ali se nije dokazalo sa naučnog stanovišta, da bi upotreba plemenitih gasova ponudila prednost u konzervisanju hrane u odnosu na upotrebu N₂ (*Sanjeev i Ramesh, 2006; Mullan, 2002*). Od gasova koji su korišćeni prilikom pakovanja hrane u modifikovanoj atmosferi spominju se još i sumpor oksid (CO₂), azot oksid (N₂O), azot monoksid (NO), ozon (O₃), helijum (He), vodonik (H₂), propilenoksid (C₃H₆O), etilen (C₂H₄) i hlor (Cl₂). Ipak, njihova upotreba je ograničena regulativama, zatim bojaznošću potrošača, visokom cenom i negativnim uticajem na organoleptičke osobine proizvoda koji se pakuje (*McMillin, 2008*).

Prilikom pakovanja ribe u smeši gasova, trebalo bi izbegavati pakovanje u slojevima (više fileta ili slajsova) jer se na taj način onemogućava da veća površina ribe bude izložena konzervišućem dejstvu gasa. Trebalo bi pakovati samo jedan sloj fileta ili njihov deo iz razloga što se na taj način omogućava ravnomerna ekspozicija čitavog fileta gasovima, zapravo, postiže se pun efekat pakovanja u modifikovanoj atmosferi (*Cakli, 2006; Cann, 1984*). Ipak, *Muratore i Licciardello (2005)* imaju drugačije zaključke na osnovu svojih istraživanja. Oni smatraju da upravo veća izloženost fileta doprinosi kraćoj održivosti zbog toga što je veća površina u ovom slučaju izložena dejstvu (kolonizaciji) mikroorganizama, a ne dejstvu gasova.

Postoje i preporuke pojedinih autora u vezi sa tim koje gasove i u kom odnosu treba koristiti prilikom pakovanja pojedinih vrsta riba i proizvoda od riba. Za belu ribu, škampe, rakove i školjke smatra se da je najbolja kombinacija gasova za pakovanje ona koja sadrži 40% CO₂, 30% N₂ i 30%O₂. Za lososa, pastrmku i masne ribe kao što je haringa i skuša, i za dimljene proizvode najbolje je koristiti smešu gasova koja sadrži 60% CO₂ i 40% N₂. Takođe, utvrđeno je u

pojednim slučajevima da dimljeni losos pakovan u preporučenoj mešavini, ipak ponekad tokom skladištenja može poprimiti zelenu boju, i da ga je bolje u tom slučaju pakovati u mešavinu preporučenu za belu ribu (*Arashisar i sar. 2004; Boskou i Debevere, 1997; Cann, 1984*).

Prilikom pakovanja proizvoda u smeši gasova koriste se različiti plastični materijali i njihove kombinacije. Kao materijali za pakovanje koriste se osnovni polimeri, polivinilhlorid, polietilentereftalate, polipropilen, polietilen male gustine etilenvinilacetat, polistiren, orjentisani polipropilen, K-rezin i acetat celuloze (*Rennie i Tavoularis, 2009; Fellows, 2000*). Materijal se bira tako da se postigne: 1. mehanička jačina - granica za vodenu paru (da bi se sprečio gubitak mase i dehidracije); 2. gasna barijera; 3. propustljivost gasa; 4. osobine protiv maglenja; 5. mogućnost lemljenja i 5. karakteristike zaptivenosti (*McMillin, 2008*). Neophodno je da se ambalaža koja se koristi za pakovanje čuva u higijenskim uslovima, a sve u cilju dobijanja krajnjeg proizvoda visokog kvaliteta.

Mašine za pakovanje, bez obzira na vrstu, imaju utvrđeni red operacija prilikom pakovanja: 1. pravi se paket i puni se proizvodom; 2. vazduh u paketu se zamenjuje modifikovanom atmosferom; 3. paket se zaptiva. Prilikom zamene vazduha u paketu modifikovanom atmosferom, uobičajena praksa je da se prvo vrši kontinualno ispiranje MAP – gasom (smešom) kojim se vazduh „razblažuje” dok se potpuno ne istisne (ispiranje gasom). Tek tada se paket hermetički zatvara. Brzina pakovanja je velika jer je ovakav način razblaživanja kontinualan. Postoji i vakuumski proces, pri pakovanju hrane u smeši gasova, pri kojem se vazduh najpre vadi iz paketa i u dobijeni vakuum se injektira željena gasna smeša. Kako je ovo dvostepeni proces brzina pakovanja je manja nego kod metoda ispiranja gasom. Međutim, efikasnost ovog procesa u odnosu na količinu zaostalog kiseonika je bolja od one kod slučaja ispiranja gasom (*McMillin, 2008*).

3. CILJ I ZADACI ISPITIVANJA

Cilj istraživanja u okviru ove doktorske disertacije je bio ispitivanje uticaja pakovanja soljene, odnosno marinirane ribe (skuše) u vakuumu i modifikovanu atmosferu na održivost i odabrane parametre kvaliteta.

Za ostvarenje ovih ciljeva postavljeni su sledeći Zadaci:

1. Ispitati sadržaj vode, masti, proteina, pepela i soli u soljenoj i mariniranoj ribi i utvrdi a_w vrednost;
2. U toku pedeset dana skladištenja (svakog desetog dana) u uzorcima soljene i marinirane upakovane ribe skladištene pri 4 ± 1 °C pratiti promene:
 - ukupnog broja bakterija
 - ukupnog broja enterobakterija
 - ukupnog broja psihrotrofnih bakterija
 - ukupnog broja anaerobnih bakterija
 - ukupnog broja bakterija mlečne kiseline (BMK);
3. U toku pedeset dana skladištenja pri temperaturi 4 ± 1 °C (svakog desetog dana) u uzorcima soljene i marinirane upakovane ribe pratiti vrednosti:
 - ukupnog isparljivog azota
 - malondialdehida
 - histamina;
4. Odrediti nultog a zatim svakog desetog dana, pH vrednost u uzorcima soljene i marinirane upakovane ribe;
5. Ispitati ukupnu prihvatljivost uzoraka soljene i marinirane ribe posle pedeset dana skladištenja.

4. MATERIJAL I METODE

4.1. Materijal

U eksperimentu je korišćena skuša konzumne veličine (mase od 350-400 grama) koja je obrađena na način uobičajen za industrijski objekat koji se bavi obradom ribe. Riba je obrađena tako da je za soljenje, mariniranje, odnosno, pakovanje korišćen primarno obrađen trup. Riba je podeljena u dve podgrupe, od kojih je jedna podgrupa tretirana samo u slanom rastvoru (10 % soli), a druga podgrupa marinirana u marinadi sa 10 % soli i sa 0,5 % sirćetne kiseline. Tretiranje ribe trajalo je dvadeset četiri sata. Prva podgrupa je podeljena u dve grupe od kojih je jedna pakovana u vakuum (prva grupa), a druga grupa u modifikovanu atmosferu (40 % CO₂+60 % N₂). Na isti način je podeljena i druga podgrupa i pakovana u vakuum (treća grupa), odnosno modifikovanu atmosferu (40 % CO₂+60 % N₂) (četvrta grupa). Svi uzorci su skladišteni pri istim kontrolisanim uslovima. Temperatura skladištenja je bila 4 ± 1 °C. Na početku eksperimenta i na svakih deset dana u toku pedeset dana, vršene su mikrobiološke, hemijske, fizičko-hemijske i senzorne analize. Osnovni hemijski sastav i a_w vrednost utvrđen je kod uzoraka uzetih nultog dana ispitivanja.

4.2. Metode ispitivanja

a.) Mikrobiološka ispitivanja su podrazumevala:

- Određivanje ukupnog broja aerobnih mezofilnih bakterija – ISO 4833-2003
- Određivanje ukupnog broja aerobnih psihrotrofnih bakterija (Sheridan, 1995)
- Određivanje ukupnog broja anaerobnih bakterija – ISO 15213:2003
- Određivanje ukupnog broja bakterija mlečne kiseline- ISO 15214:1998
- Određivanje ukupnog broja enterobakterija – ISO 21528-1:2004, ISO 21528-2:2004

b.) Hemijska i fizičko-hemijska ispitivanja.

Za ispitivanje osnovnog hemijskog sastava (sadržaj vode, masti, proteina i pepela) i sadržaja soli korišćeni su sledeći postupci:

Vode - određivanjem gubitka mase pri sušenju homogenizovanog uzorka pri 105 ± 1 °S do konstantne mase (JUS ISO 1442)

Masti - metodom po Soxhletu, ekstrakcijom masti iz osušenog uzorka petrol etrom, destilacijom i sušenjem pri 105 ± 1 °S do konstantne mase (JUS ISO 1443)

Proteina - metodom po Kjeldalh-u primenom uređaja firme Tecator" (JUS ISO 937)

Pepela - sagorevanjem uzorka pri 550 °S do konstantne mase (JUS ISO 936)

Natrijum hlorid- metodom po Volhardu (JUS ISO 1841-1)

Za određivanje količine ukupnog isparljivog azota korišćena je reakcija titracije sa hidrohlornom kiselinom uz prisustvo 3 % borne kiseline i indikatora metil crvenog i metilen plavog (Goulas i Kontominas, 2005), Food Chemistry, 93,3, 511-520.

Sadržaj malondialdehida je određena po postupku koji su opisali Tarladgis i saradnici (1964) J.Sci.Fd.Agric., 15, 602.

Sadržaj histamina je određen prema postupku koji je opisan u radu F. Ozogul, K.D.A. Taylor, P. Quantick, Y. Ozogul Biogenic amines formation in Atlantic herring (*Clupea harengus*) stored under modified atmosphere packaging using a rapid HPLC method, Int. J. of Food Technology, 2002, 37, 515-522

Za ispitivanja pH vrednosti korišćen je aparat pH Meter 3310 WTW model pH 340 (ISO 2917-1974).

Ispitivanja a_w vrednosti vršena su prema postupku koji su opisali Giménez i Dalgaard, 2004.

c.) Senzorna ispitivanja

Izbor, obuka i trening ocenjivača - ISO 8586-2:2008

Kvantitativna deskriptivna analiza (Ocena ukupne prihvatljivost rađena je na strukturnoj skali intenziteta/ prihvatljivost sa sedam tačaka, pri čemu ocena 7 označava maksimalan intenzitet/prihvatljivost, a ocena manja od 3,5 neprihvatljiv proizvod) – ISO 6564:1985.

5.REZULTATI ISPITIVANJA

Rezultati ispitivanja podeljeni su prema zadacima u četiri osnovne celine.

5.1 Hemijski sastav, sadržaj soli i a_w vrednost uzoraka skuše

5.1.1 Hemijski sastav, sadržaj soli i a_w vrednost uzoraka skuše

Hemijski sastav uzoraka sirove, soljene i marinirane skuše prikazan je u tabeli 1. Sadržaj vode u mesu ribe bio je od $65,15 \pm 1,84\%$ (marinirana riba) do $69,17 \pm 1,25\%$ (sirova riba). Utvrđeno je da je sadržaj vode u mesu soljene ribe ($66,24 \pm 2,18\%$) bio statistički značajno manji ($p < 0.05$) od sadržaja vode u mesu sirove ribe, kao i da je sadržaj vode u mesu marinirane ribe bio statistički značajno manji ($p < 0.01$) od sadržaja vode u mesu sirove ribe. Nije utvrđena statistički značajna razlika između sadržaja vode u mesu soljene i marinirane ribe. Sadržaj masti u mesu ispitivanih uzoraka sirove ribe bio je $9,56 \pm 0,41\%$, u uzorcima soljene ribe $10,40 \pm 0,38\%$ i u uzorcima marinirane ribe $11,40 \pm 0,56\%$. U svim slučajevima poređenja razlika između prosečnih vrednosti sadržaja masti bila je statistički značajna ($p < 0.01$). Nisu utvrđene statistički značajne razlike između prosečnih sadržaja proteina ispitivanih uzoraka ribe (sirova, soljena, marinirana). Prosečan sadržaj pepela u ispitivanim uzorcima sirove ribe bio je $1,12 \pm 0,05\%$, u uzorcima soljene ribe $2,92 \pm 0,09\%$ i u uzorcima marinirane ribe $3,46 \pm 0,08\%$ i u svim slučajevima poređena utvrđena je statistički značajna razlika ($p < 0.01$).

Tabela 1. Hemijski sastava uzoraka skuše

Uzorak	Sastojci (%)			
	Voda	Mast	Proteini	Pepeo
Sirova skuša	$69,17^{aA} \pm 1,25$	$9,56^{AB} \pm 0,41$	$20,05 \pm 0,94$	$1,12^{AB} \pm 0,05$
Soljena skuša	$66,24^a \pm 2,18$	$10,40^{AC} \pm 0,38$	$19,94 \pm 0,81$	$2,92^{AC} \pm 0,09$
Marinirana skuša	$65,13^A \pm 1,84$	$11,40^{BC} \pm 0,56$	$19,95 \pm 0,90$	$3,46^{BC} \pm 0,08$

Legenda: Ista slova A, B, C $p < 0,01$; a $p < 0,05$

Prosečan sadržaj soli (tabela 2) bio je statistički značajno veći ($p < 0.01$) u mesu marinirane ribe ($2,34 \pm 0,13\%$) u odnosu na prosečan sadržaj soli u soljenoj ribi ($1,80 \pm 0,11\%$).

Tabela 2. Sadržaj soli u uzorcima skuše

Uzorak	Soli (%)
Soljena skuša	$1,80^A \pm 0,11$
Marinirana skuša	$2,34^A \pm 0,13$

Legenda: Ista slova A, $p < 0,01$

Između prosečnih a_w vrednosti (tabela 3) uzoraka ribe (sirova $0,997 \pm 0,0010$; soljena $0,9805 \pm 0,0009$; marinirana $0,9712 \pm 0,0008$) utvrđena je statistički značajna razlika ($p < 0.01$).

Tabela 3. Vrednost a_w uzoraka skuše

Uzorak	Vrednost a_w
Sirova skuša	$0,9977^{AB} \pm 0,0010$
Soljena skuša	$0,9805^{AC} \pm 0,0009$
Marinirana skuša	$0,9712^{BC} \pm 0,0008$

Legenda: Ista slova A, B, C $p < 0,01$

5.2. Bakteriološka ispitivanja skuše

5.2.1 Ispitivanje ukupnog broja aerobnih i mezofilnih bakterija

U tabeli 4. prikazani su rezultati ukupnog broja bakterija u uzorcima soljene i marinirane skuše pakovane u vakuumu i modifikovanoj atmosferi (MAP). Prosečan ukupan broj bakterija u uzorcima prve i druge grupe skuše ($3,17 \pm 0,37$ log CFU/g prva grupa i $3,00 \pm 0,14$ druga grupa)

bio je statistički značajno veći ($p < 0,01$) od prosečnog ukupnog broja bakterija u uzorcima treće i četvrte grupe ($2,45 \pm 0,10$ log CFU/g treća grupa i $2,45 \pm 0,11$ log CFU/g četvrta grupa). Između prosečnog ukupnog broja bakterija prve i druge grupe uzoraka skuše, kao i između prosečnog ukupnog broja bakterija treće grupe marinirane skuše nultog dana ispitivanja nije utvrđena statistički značajna razlika.

Tabela 4. Ukupan broj bakterija u uzorcima skuše nultog dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	$3,17^{AB}$	0,37	0,15	3,80	2,80	11,42
II	$3,00^{CD}$	0,14	0,06	3,20	2,80	4,71
III	$2,45^{AC}$	0,10	0,04	2,60	2,30	4,28
IV	$2,45^{BD}$	0,10	0,04	2,60	2,30	4,28

Legenda: Ista slova A, B, C $p < 0,01$

Napomena: I grupa: soljena skuša-vakuum

II grupa: soljena skuša- MAP

III grupa: marinirana skuša- vakuum

IV grupa: marinirana skuša- MAP

Napomena se odnosi na tabele 4-58.

Posle deset dana skladištenja pri temperature od 4 ± 1 °C ukupan broj bakterija u uzorcima soljne i marinirane pakovane skuše bio je od $2,73 \pm 0,12$ log CFU/g (četvrta grupa) do $3,98 \pm 0,19$ log CFU/g (prva grupa). Prosečan ukupan broj bakterija bio je statistički značajno manji u uzorcima četvrte grupe od prosečnog ukupnog boja bakterija prve i druge grupe uzoraka ($p < 0,01$) kao i uzoraka treće grupe ali sa statističkom značajnošću od $p < 0,05$. Između prosečnog ukupnog broja

bakterija prve, druge i treće grupe uzoraka utvrđena je statistički značajna razlika ($p < 0,01$) (tabela 5).

Tabela 5. Ukupan broj bakterija u uzorcima skuše 10. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	3,98 ^{ABC}	0,19	0,08	4,20	3,70	4,87
II	3,50 ^{ADE}	0,09	0,04	3,60	3,40	2,56
III	3,02 ^{BDa}	0,15	0,06	3,20	2,80	4,88
IV	2,73 ^{CEa}	0,12	0,05	2,90	2,60	4,43

Legenda: Ista slova A, B, C, D $p < 0,01$; a $p < 0,05$

Prosečan ukupan broj bakterija u uzorcima skuše 20. dana ispitivanja bio je od $3,02 \pm 0,15$ log CFU/g (četvrta grupa) do $5,92 \pm 0,15$ log CFU/g (prva grupa). Između svih prosečnih vrednosti ukupnog broja bakterija poređenih grupa uzoraka utvrđena je statistički značajna razlika ($p < 0,01$) (tabela 6).

Tabela 6. Ukupan broj bakterija u uzorcima skuše 20. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	5,92 ^{ABC}	0,15	0,60	6,10	5,70	2,49
II	5,50 ^{ADE}	0,10	0,43	5,70	5,40	1,89
III	3,92 ^{BDF}	0,19	0,08	4,20	3,70	4,96
IV	3,02 ^{CEF}	0,15	0,06	3,20	2,80	4,88

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

Tabela 7. Ukupan broj bakterija u uzorcima skuše 30. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	6,55 ^{ABC}	0,22	0,09	6,90	6,30	3,31
II	6,05 ^{ADE}	0,15	0,06	6,20	5,80	2,51
III	4,62 ^{BDF}	0,12	0,05	4,80	4,50	2,53
IV	3,72 ^{CEF}	0,15	0,06	3,90	3,50	3,96

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

Tabela 8. Ukupan broj bakterija u uzorcima skuše 40. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	7,07 ^{ABC}	0,12	0,05	7,20	6,90	1,71
II	6,60 ^{ADE}	0,14	0,06	6,80	6,40	2,14
III	5,13 ^{BDa}	0,18	0,07	5,40	4,90	3,41
IV	4,75 ^{CEa}	0,27	0,11	5,10	4,40	5,77

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, p<0,01; A p<0,05

Tabela 9. Ukupan broj bakterija u uzorcima skuše 50. dana ispitivanja (log CFU/g)

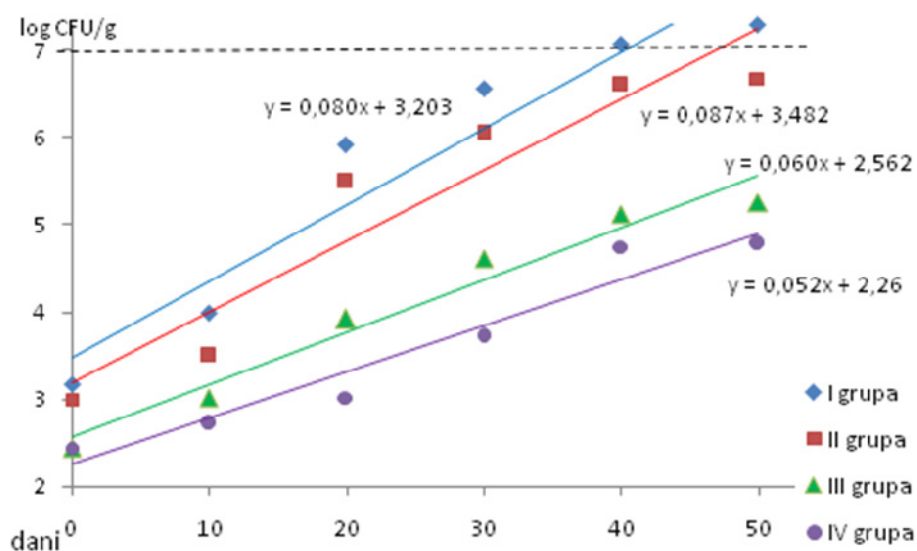
Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	7,30 ^{ABC}	0,14	0,06	7,50	7,10	1,94
II	6,68 ^{ADE}	0,15	0,06	6,90	6,50	2,20
III	5,25 ^{BDF}	0,10	0,04	5,40	5,10	2,00
IV	4,78 ^{CEF}	0,21	0,09	5,00	4,50	4,47

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

Identični rezultati statističke značajnosti razlike (p<0,01) između prosečnih vrednosti ukupnog broja bakterija i poređenih grupa uzoraka skuše utvrđeni su 30. i 50. dana ispitivanja (tabele 7 i 8). Prosečan ukupan broj bakterija 30. dana ispitivanja bio je od 3,72±0,15 log CFU/g (četvrta

grupa) do $6,55 \pm 0,22$ log CFU/g (prva grupa) a 50. dana od $4,78 \pm 0,21$ log CFU/g do $7,30 \pm 0,14$ log CFU/g (prva grupa). Slični rezultati dobijeni su i posle 40. dana ispitivanja s tim što je statistička značajnost razlike između prosečnog ukupnog broja bakterija treće ($5,13 \pm 0,18$ log CFU/g) i četvrte grupe ($4,75 \pm 0,27$ log CFU/g) bila na nivou značajnosti od $p < 0,05$ (tabela 9).

Ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija u svim grupama uzoraka skuše je rastao od nultog do 50. dana. Porast ukupnog broja bakterija kod prve grupe uzoraka bila je od $3,17 \pm 0,37$ log CFU/g do $7,30 \pm 0,14$ log CFU/g, kod druge od $3,00 \pm 0,14$ log CFU/g do $6,68 \pm 0,15$ log CFU/g, treće od $2,45 \pm 0,15$ log CFU/g do $5,25 \pm 0,10$ log CFU/g i kod četvrte od $2,45 \pm 0,11$ log CFU/g do $4,78 \pm 0,21$ log CFU/g (grafikon 5.1).



Grafikon 5.1 Promene ukupnog broja bakterija u uzorcima skuše u toku skladištenja

5.2.2 Ispitivanja ukupnog broj enterobakterija

Rezultati ispitivanja ukupnog broja enterobakterija u uzorcima soljene i marinirane skuše pakovane u vakuumu i modifikovanoj atmosferi prikazani su u tabelama 10 do 15. Nultog dana ispitivanja nije utvrđena statistički značajna razlika između prosečnog ukupnog broja enterobakterija prve ($0,67 \pm 0,08$ log CFU/g) i druge ($0,62 \pm 0,07$ log CFU/g) grupe uzoraka skuše kao i između prosečnog ukupnog broja enterobakterija duge i treće grupe uzoraka. Prosečan

ukupan broj enterobakterija prve grupe uzoraka skuše bio je statistički značajno veći ($p < 0,05$) od prosečnog ukupnog broja enterobakterija treće grupe ($0,53 \pm 0,05$ log CFU/g), odnosno četvrte grupe ($0,48 \pm 0,07$ log CFU/g) ali sa statističkom značajnošću $p < 0,05$. Nije utvrđena statistički značajna razlika između prosečnog broja enterobakterija treće i četvrte grupe uzoraka (tabela 10).

Tabela 10. Ukupan broj enterobakterija u uzorcima skuše nultog dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S_d	S_e	I_v		$C_{v\%}$
				X_{max}	X_{min}	
I	0,67aA	0,08	0,03	0,80	0,60	12,25
II	0,62b	0,07	0,03	0,70	0,50	12,21
III	0,53a	0,05	0,02	0,60	0,50	9,68
IV	0,48Ab	0,07	0,03	0,60	0,40	15,57

Legenda: Ista slova A, $p < 0,01$; a, b $p < 0,05$

Prosečan ukupan broj enterobakterija 10.dana ispitivanja bio je u uzorcima skuše četvrte grupe ($0,87 \pm 0,08$ log CFU/g) statistički značajno manji ($p < 0,01$) od prosečnog ukupnog broja enterobakterija prve ($1,20 \pm 0,12$ log CFU/g), odnosno treće grupe ($1,12 \pm 0,12$ log CFU/g), kao i od prosečnog ukupnog broja enterobakterija druge grupe ($1,05 \pm 0,05$ log CFU/g) ali sa statističnom značajnošću $p < 0,05$. Nije utvrđena statistički značajna razlika između prosečnog ukupnog broja enterobakterija prve, druge i treće grupe uzoraka skuše (tabela 11).

Tabela 11. Ukupan broj enterobakterija u uzorcima skuše 10. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	1,20A	0,12	0,05	1,30	1,00	10,54
II	1,05a	0,054	0,022	1,10	1,00	5,22
III	1,12B	0,12	0,05	1,30	1,00	10,47
IV	0,87AaB	0,08	0,03	1,00	0,80	9,42

Legenda: Ista slova A, B, p<0,01; a p<0,05

Prosečan broj enterobakterija 20.dana ispitivanja bio je od 1,10 (četvrta grupa) do 2,25±0,20 log CFU/g (prva grupa uzoraka). Između prosečnog ukupnog broja enterobakterija prve i druge grupe uzoraka skuše utvrđena je statistički značajna razlika na nivou od p<0,05 dok je u opstalim slučajevima poređenih grupa uzoraka statistička značajnost razlike bila na nivou razlike od p<0,01 (tabela 12).

Tabela 12. Ukupan broj enterobakterija u uzorcima skuše 20. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	2,25aAB	0,20	0,08	2,50	2,00	9,22
II	2,01aCD	0,11	0,05	2,20	1,90	5,80
III	1,45ACE	0,10	0,042	1,60	1,30	7,23
IV	1,10BDE	0,09	0,04	1,20	1,00	8,13

Legenda: Ista slova A, B, C, D, p<0,01; a p<0,05

Posle 30. dana skladištenja ukupan broj enterobakterija bio je $1,35 \pm 0,10$ log CFU/g (četvrta grupa) do $3,20 \pm 0,14$ log CFU/g (prva grupa). Razlike između prosečnog ukupnog broja enterobakterija sve četiri grupe uzoraka skuše bile su statistički značajne ($p < 0,01$) (tabela 13).

Tabela 13. Ukupan broj enterobakterija u uzorcima skuše 30. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	3,20ABC	0,14	0,06	3,40	3,00	4,42
II	2,86ADE	0,08	0,03	3,00	2,80	2,85
III	2,26BDF	0,12	0,05	2,40	2,10	5,34
IV	1,35CEF	0,10	0,04	1,50	1,20	7,77

Legenda: Ista slova A, B,C, D, E, F $p < 0,01$

Prosečan ukupan broj enterobakterija 40.dana ispitivanja bio je od $1,80 \pm 0,14$ log CFU/g (četvrta grupa) do $4,12 \pm 0,12$ log CFU/g (prva grupa). Nije utvrđena statistički značajna razlika između prosečnog ukupnog broja enterobakterija druge ($3,41 \pm 0,14$ log CFU/g) i treće grupe ($3,42 \pm 0,80$ log CFU/g) grupe uzoraka skuše. U ostalim slučajevima poređenja razlika između prosečnog ukupnog broja enterobakterija poređenih grupa uzoraka skuše razlika je bila statistički značajna ($p < 0,01$) (tabela 14).

Tabela 14. Ukupan broj enterobakterija u uzorcima skuše 40. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	4,12ABC	0,17	0,07	4,30	3,90	4,18
II	3,41AD	0,14	0,06	3,60	3,20	4,31
III	3,42BE	0,18	0,07	3,60	3,20	5,37
IV	1,80CDE	0,14	0,06	2,00	1,60	7,86

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E p<0,01

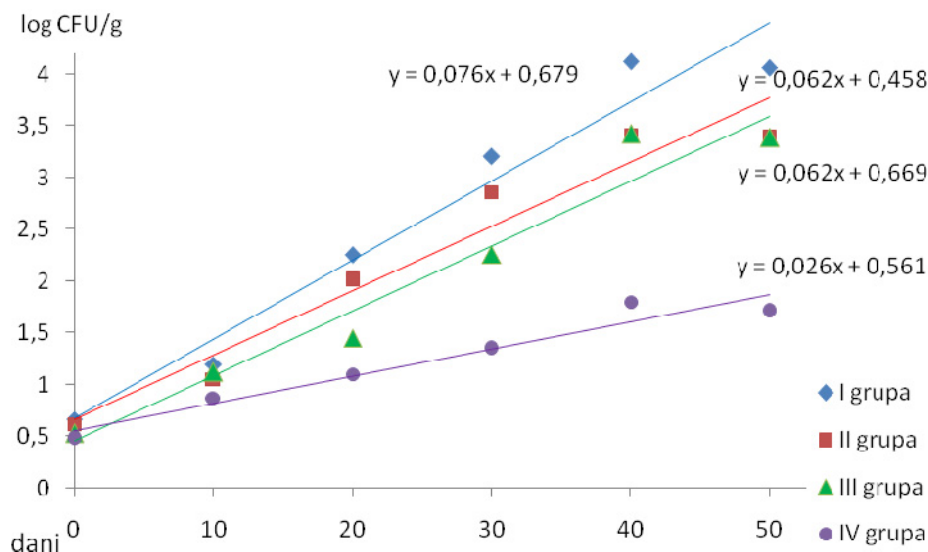
Identični rezultati dobijeni su u pogledu statističke značajnosti razlika i 50.dana ispitivanja kada je ukupan broj enterobakterija bio od 1,71±0,07 log CFU/g do 4,06±0,14 log CFU/g (tabela 15).

Tabela 15. Ukupan broj enterobakterija u uzorcima skuše 50. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	4,06ABC	0,14	0,05	4,30	3,90	3,36
II	3,38AD	0,17	0,07	3,70	3,20	5,09
III	3,38BE	0,15	0,06	3,60	3,20	4,35
IV	1,71CDE	0,07	0,03	1,80	1,60	4,39

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E p<0,01

Broj enterobakterija rastao je od 0. do 40.dana ispitivanja od $0,67 \pm 0,08$ log CFU/g do $4,12 \pm 0,17$ log CFU/g kod prve grupe uzoraka skuše, kod druge od $0,62 \pm 0,07$ log CFU/g do $3,41 \pm 0,14$ log CFU/g, treće od $0,53 \pm 0,05$ log CFU/g do $3,42 \pm 0,18$ log CFU/g i četvrte od $0,48 \pm 0,07$ log CFU/g do $1,80 \pm 0,14$ log CFU/g. Kod stih ispitivanih grupa uzoraka skuše od 40.do 50.dana ukupan broj enterobakterija se smanjio (grafikon 5.2).



Grafikon 5.2 Promene ukupnog broja enterobakterija u uzorcima skuše u toku skladištenja

5.2.3 Ispitivanja ukupnog broja psihrotrofnih bakterija

Ispitivanja ukupnog broja psihrotrofnih bakterija u uzorcima soljene i marinirane skuše pakovane u vakuumu i modifikovanoj atmosferi prikazani su u tabelama 16-21 i grafikonom 3. Prosečan broj psihrotrofnih bakterija nultog dana ispitivanja bio je u uzorcima skuše prve ($2,92 \pm 0,19$ log CFU/g) i druge ($2,95 \pm 0,18$ log CFU/g) grupe statistički značajno veći ($p < 0,01$) od prosečnog psihrotrofnih bakterija u uzorcima treće ($2,45 \pm 0,14$ log CFU/g) i četvrte grupe ($2,47 \pm 0,16$ log CFU/g) grupe. Između prosečnog broja psihrotrofnih bakterija prve i druge grupe uzoraka skuše, odnosno treće i četvrte grupe uzoraka nije utvrđena statistički značajna razlika (tabela 16).

Tabela 16. Ukupan broj psihrotrofnih bakterija nultog dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	2,92AB	0,19	0,08	3,20	2,70	6,65
II	2,95CD	0,18	0,08	3,20	2,70	6,34
III	2,45AC	0,14	0,06	2,60	2,30	5,63
IV	2,47BD	0,16	0,07	2,70	2,30	6,62

Legenda: Ista slova A, B, C, D, p<0,01

Desetog dana ispitivanja u uzorcima skuše (tabela 17) prosečan broj psihrotrofnih bakterija bio je od 2,83±0,14 log CFU/g (četvrta grupa) do 3,85±0,18 log CFU/g (prva grupa), 20.dana (tabela 18) od 2,93±0,17 log CFU/g (četvrta grupa) do 4,75±0,10 log CFU/g (tabela 19) 30.dana (tabela 20) 3,51±0,15 log CFU/g (četvrta grupa), 40.dana ispitivanja od 4,00±0,14 log CFU/g (četvrta grupa) do 6,10±0,14 log CFU/g (prva grupa) i 50.dana (tabela 21) od 4,18±0,09 log CFU/g (četvrta grupa) do 6,27±0,23 log CFU/g (prva grupa).

Tabela 17. Ukupan broj psihrotrofnih bakterija 10. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	3,85ABC	0,18	0,07	4,10	3,60	4,86
II	3,55ADE	0,14	0,06	3,70	3,40	3,88
III	3,17BDF	0,10	0,04	3,30	3,00	3,26
IV	2,83CEF	0,14	0,05	3,00	2,60	4,82

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

Tabela 18. Ukupan broj psihrotrofnih bakterija 20. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	4,75ABC	0,10	0,05	4,90	4,60	2,21
II	4,20ADE	0,08	0,04	4,30	4,10	2,13
III	3,62BDF	0,12	0,05	3,80	3,50	3,23
IV	2,93CEF	0,17	0,07	3,20	2,70	5,97

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

Tabela 19. Ukupan broj psihrotrofnih bakterija 30. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	5,48ABC	0,17	0,07	5,70	5,30	3,14
II	4,81ADE	0,12	0,05	5,00	4,70	2,43
III	4,18BDF	0,12	0,05	4,30	4,00	2,79
IV	3,51CEF	0,15	0,06	3,70	3,30	4,19

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

Tabela 20. Ukupan broj psihrotrofnih bakterija 40. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	6,10ABC	0,14	0,06	6,30	5,90	2,32
II	5,36ADE	0,16	0,07	5,60	5,20	3,04
III	4,43BDF	0,19	0,08	4,70	4,20	4,44
IV	4,00CEF	0,14	0,06	4,20	3,8	3,54

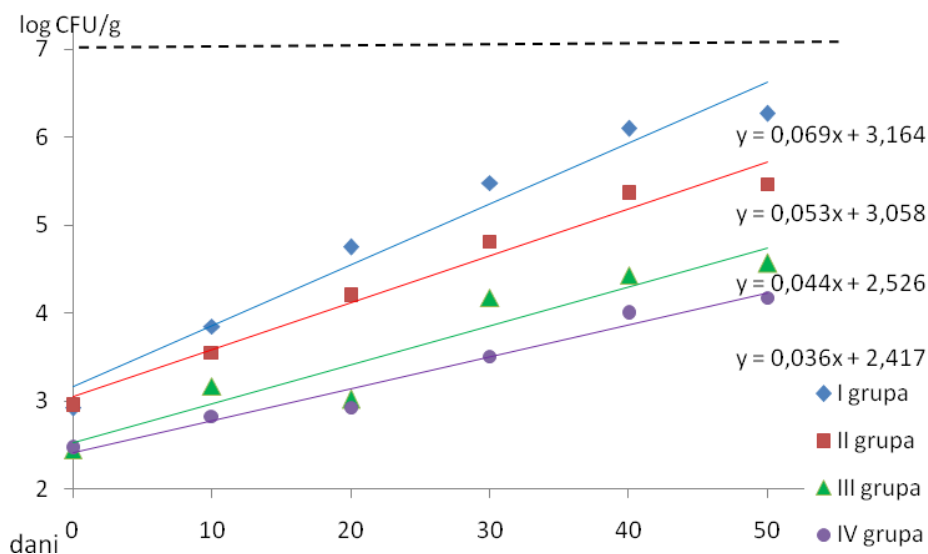
Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

Tabela 21. Ukupan broj psihrotrofnih bakterija 50. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	6,27ABC	0,23	0,09	6,60	6,00	3,73
II	5,47ADE	0,16	0,06	5,70	5,30	2,99
III	4,57BDF	0,16	0,06	4,80	4,40	3,58
IV	4,18CEF	0,09	0,04	4,30	4,00	2,35

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

Svih dana ispitivanja (10., 20., 30., 40. i 50.) utvđena je statistički značajna razlika (p<0,01) između prosečnog broja psihrotrofnih bakterija poređenih grupa uzoraka skuše. Dobijeni rezultati pokazuju da je u toku skladištenja uzoraka broj psihrotrofnih bakterija kod sve četiri grupe uzoraka rastao od 0.do 50.dana i da je prosečan broj bakterija u svim slučajevima bio najveći u uzorcima prve grupe a najmanji u uzorcima četvrte grupe. Dinamika promene broja psihrotrofnih bakterija u uzorcima sve četiri grupe prikazana je grafikonom 5.3.



Grafikon 5.3. Promene ukupnog broja psihrotrofnih bakterija u uzorcima skuše u toku skladištenja

5.2.4 Ispitivanja broja bakterija mlečne kiseline

Rezultati ispitivanja broja bakterija mlečne kiseline (BMK) prikazani su tabelama 22-27 i grafikonom 5.4. Nultog dana ispitivanja (tabela 22) broj BMK bio je od $1,33 \pm 0,10$ log CFU/g (četvrta grupa) do $1,91 \pm 0,14$ log CFU/g (druga grupa). Utvrđeno je da je prosečna broj BMK bio statistički značajno veći ($p < 0,01$) u uzorcima prve ($1,90 \pm 0,15$ log CFU/g) i druge grupe ($1,91 \pm 0,14$ log CFU/g) od prosečnog broja BMK treće grupe ($1,55 \pm 0,15$ log CFU/g) i četvrte grupe ($1,33 \pm 0,10$ log CFU/g).

Desetog dana ispitivanja (tabela 23) prosečan broj BMK prve grupe skuše ($2,66 \pm 0,12$ log CFU/g) bio je statistički značajno veći ($p < 0,01$) od prosečnog broja BMK ostalih poređenih grupa. Prosečan broj BMK četvrte grupe uzoraka ($1,60 \pm 0,09$ log CFU/g) bio je statistički značajno manji ($p < 0,01$) od prosečnog broja BMK ostalih ispitivanih grupa uzoraka skuše. Nije utvrđena statistički značajna razlika između prosečnog broja BMK druge ($2,01 \pm 0,15$ log CFU/g) i teće grupe uzoraka ($1,87 \pm 0,12$ log CFU/g).

Tabela 22. Ukupan broj bakterija mlečne kiseline nultog dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	1,91AB	0,14	0,06	2,10	1,70	7,68
II	1,91CD	0,14	0,06	2,10	1,70	7,68
III	1,55AC	0,15	0,06	1,80	1,40	9,78
IV	1,33BD	0,10	0,042	1,50	1,20	7,75

Legenda: Ista slova A, B, C, D p<0,01

Tabela 23. Ukupan broj bakterija mlečne kiseline 10. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	2,26 ^{ABC}	0,12	0,05	2,40	2,10	5,34
II	2,01 ^{AD}	0,15	0,06	2,20	1,80	7,30
III	1,87 ^{BE}	0,12	0,05	2,00	1,70	6,49
IV	1,60 ^{CDE}	0,09	0,04	1,70	1,50	5,59

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, p<0,01

Prosečan broj BMK 20.dana ispitivanja (tabela 24) bio je od 1,95±0,10 log CFU/g (četvrta grupa) do 3,15±0,10 log CFU/g (prva grupa), a 30.dana ispitivanja (tabela 25) od 2,41±0,11 log

CFU/g (prva grupa) do $4,30 \pm 0,12$ log CFU/g (prva grupa). Između prosečnih brojeva BMK poređenih grupa uzoraka skuše 20.dana ispitivanja, odnosno između prosečnih brojeva BMK poređenih grupa uzoraka 30.dana ispitivanja utvrđena je statistički značajna razlika ($p < 0,01$).

Tabela 24. Ukupan broj bakterija mlečne kiseline 30. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	3,15 ^{ABC}	0,10	0,04	3,30	3,00	3,33
II	2,66 ^{ADE}	0,13	0,05	2,80	2,50	5,12
III	2,28 ^{BDF}	0,15	0,06	2,50	2,10	6,45
IV	1,95 ^{CEF}	0,10	0,04	2,10	1,80	5,38

Legenda: Ista slova A, B, C, D, $p < 0,01$

Tabela 25. Ukupan broj bakterija mlečne kiseline 30. dana ispitivanja (log CFU/g)

Pakovanje	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	4,30 ^{ABC}	0,12	0,05	4,50	4,20	2,94
II	3,46 ^{ADE}	0,15	0,06	3,70	3,30	4,34
III	3,88 ^{BDF}	0,14	0,06	4,10	3,70	3,79
IV	2,41 ^{CEF}	0,11	0,05	2,60	2,30	4,84

Legenda: Ista slova A, B, C, D, $p < 0,01$

Četrdesetog dana ispitivanja prosečna broj BMK prve ($5,85 \pm 0,13$ log CFU/g) i druge grupe skuše ($5,67 \pm 0,10$ log CFU/g) nije se statistički značajno razlikovao, ali je bio je statistički značajno veći ($p < 0,01$) od prosečnog broja BMK uzoraka treće ($4,68 \pm 0,11$ log CFU/g) odnosno četvrte ($3,56 \pm 0,15$ log CFU/g) grupe uzoraka. Nije utvrđena statistički značajna razlika između prosečnog broja BMK treće četvrte grupe uzoraka skuše (tabela 26).

Tabela 26. Ukupan broj bakterija mlečne kiseline 40. dana ispitivanja (log CFU/g)

Pakovanje	\bar{X}	Mere varijacije				
		S_d	S_e	I_v		$C_{V\%}$
				X_{max}	X_{min}	
I	$5,85^{AB}$	0,13	0,05	6,00	5,70	2,36
II	$5,67^{CD}$	0,10	0,04	5,80	5,50	1,82
III	$4,68^{ACE}$	0,11	0,05	4,80	4,50	2,50
IV	$3,56^{BDE}$	0,15	0,06	3,70	3,30	4,22

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, $p < 0,01$

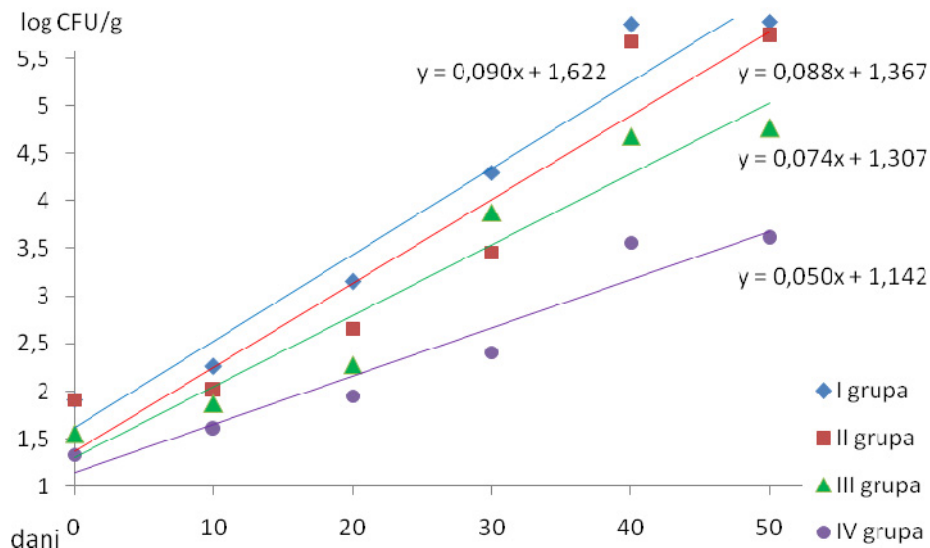
Slični rezultati dobijeni su 50.dana ispitivanja. Razlika je bila u tome što se prosečan broj BMK kod sve četiri grupe uzoraka skuše bio veći nego 40.dana ispitivanja. Tako je kod četvrte grupe uzoraka bio najmanji ($3,61 \pm 0,35$ log CFU/g), a kod prve najveći ($5,88 \pm 0,23$ log CFU/g) (tabela 27).

Tabela 27. Ukupan broj bakterija mlečne kiseline 50. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	5,88 ^{AB}	0,23	0,09	6,20	5,60	3,94
II	5,73 ^{CD}	0,12	0,05	5,90	5,60	2,11
III	4,76 ^{ACE}	0,10	0,042	4,90	4,60	2,17
IV	3,61 ^{BDE}	0,35	0,14	3,90	3,00	9,80

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, p<0,01

U toku skladištenja uzoraka soljene i marinirane skuše broj BMK je rastao. Kod prve grupe uzoraka porast broja BMK od 0. do 50.dana bio je od 1,90±0,15 log CFU/g do 5,88±0,23 log CFU/g, kod druge grupe od 1,91±0,14 log CFU/g do 5,73±0,12 log CFU/g, kod treće grupe od 1,55±0,15 log CFU/g do 4,76±0,10 log CFU/g i kod četvrte grupe od 1,33±0,10 log CFU/g do 3,61±0,35 log CFU/g (grafikon 5.4).



Grafikon 5.4. Promene ukupnog broja bakterija mlečne kiseline u uzorcima skuše u toku skladištenja

5.2.5 Ispitivanje ukupnog broja anaerobnih bakterija

Promene ukupnog broja anaerobnih bakterija u uzorcima soljene i marinirane skuše nultog dana ispitivanja prikazane su u tabelama 28-33. Na početku ispitivanja prosečan ukupan broj anaerobnih bakterija u uzorcima skuše četvrte grupe ($1,97 \pm 0,14$ log CFU/ g) bio je statistički značajno manji ($p < 0,01$) od prosečnog ukupnog broja anaerobnih bakterija u uzorcima ostalih ispitivanjih grupa. Između prosečnog broja skuše prve ($2,35 \pm 0,19$ log CFU/ g) i druge grupe ($2,33 \pm 0,20$ log CFU/ g) nije utvrđena statistički značajna razlika. Nije utvrđena ni statistički značajna razlika između prosečnog ukupnog broja anaerobnih bakterija druge i treće grupe ($2,07 \pm 0,16$ log CFU/ g) skuše. Prosečan ukupan broj anaerobnih bakterija prve grupe bio je statistički značajno veći ($p < 0,05$) od prosečnog ukupnog broja anaerobnih bakterija u uzorcima treće grupe skuše (tabela 28).

Tabela 28. Ukupan broj anaerobnih bakterija nultog dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	$2,35^{aA}$	0,19	0,08	2,6	2,1	7,96
II	$2,33^B$	0,20	0,08	2,6	2,1	8,43
III	$2,07^a$	0,16	0,07	2,3	1,9	7,90
IV	$1,97^{AB}$	0,14	0,06	2,2	1,8	6,95

Legenda: Ista slova A, B, $p < 0,01$; a, $p < 0,05$

Prosečan ukupan broj anaerobnih bakterija desetog dana (tabela 29) ispitivanja bio je od $2,10 \pm 0,09$ log CFU/ g (četvrta grupa) do $2,88 \pm 0,12$ log CFU/ g (prva grupa), dvadesetog dana (tabela 30) od $2,38 \pm 0,08$ log CFU/ g (četvrta grupa) do $3,58 \pm 0,12$ log CFU/ g (prva grupa), tridesetog dana (tabela 31) od $2,73 \pm 0,08$ log CFU/ g (četvrta grupa) do $4,50 \pm 0,01$ log CFU/ g (prva grupa), četrdesetog dana od $3,42 \pm 0,15$ log CFU/ g do $5,58 \pm 0,15$ log CFU/ g (tabela 32) i pedesetog dana (tabela 33) od $3,52 \pm 0,08$ log CFU/ g (četvrta grupa) do $5,68 \pm 0,12$ log CFU/ g (prva grupa). U svim danima ispitivanja (od 10. do 50. dana) između poređenih grupa uzoraka skuše razlike između prosečnih brojeva anaerobnih bakterija svih dana ispitivanja bile su statistički značajne ($p < 0,01$).

Tabela 29. Ukupan broj anaerobnih bakterija 10. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	$2,88^{ABC}$	0,12	0,05	3,00	2,70	4,05
II	$2,65^{ADE}$	0,10	0,04	2,80	2,50	3,96
III	$2,42^{BDF}$	0,12	0,05	2,60	2,30	4,84
IV	$2,10^{CEF}$	0,09	0,04	2,20	2,00	4,26

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F $p < 0,01$

Tabela 30. Ukupan broj anaerobnih bakterija 20. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	3,58 ^{ABC}	0,12	0,05	3,70	3,40	3,26
II	3,27 ^{ADE}	0,08	0,03	3,40	3,20	2,50
III	2,68 ^{BDF}	0,12	0,05	2,80	2,50	4,36
IV	2,38 ^{CEF}	0,08	0,03	2,50	2,30	3,16

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

Tabela 31. Ukupan broj anaerobnih bakterija 30. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	4,50 ^{ABC}	0,00	0,00	4,50	4,50	0,00
II	3,87 ^{ADE}	0,12	0,05	4,00	3,70	3,13
III	3,37 ^{BDF}	0,12	0,05	3,50	3,20	3,60
IV	2,73 ^{CEF}	0,08	0,03	2,80	2,60	2,99

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

Tabela 32. Ukupan broj anaerobnih bakterija 40. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	5,58 ^{ABC}	0,15	0,06	5,80	5,40	2,64
II	4,78 ^{ADE}	0,15	0,06	5,00	4,60	3,08
III	4,02 ^{BDF}	0,17	0,07	4,30	3,80	4,29
IV	3,42 ^{CEF}	0,15	0,06	3,60	3,20	4,31

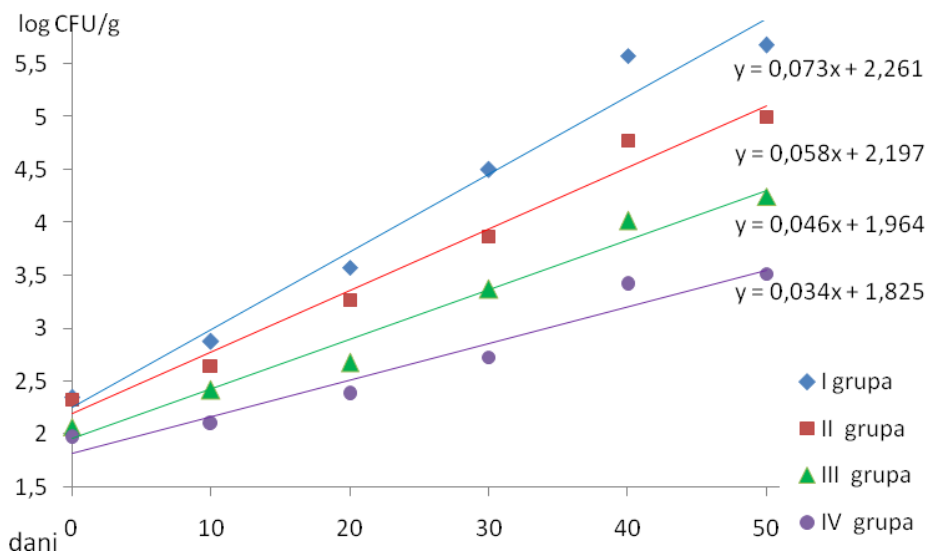
Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

Tabela 33. Ukupan broj anaerobnih bakterija 50. dana ispitivanja (log CFU/g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	5,68 ^{ABC}	0,12	0,05	5,80	5,50	2,06
II	5,00 ^{ADE}	0,14	0,06	5,20	4,80	2,83
III	4,25 ^{BDF}	0,21	0,08	4,50	3,90	4,88
IV	3,52 ^{CEF}	0,08	0,03	3,60	3,40	2,14

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

Iz grafičkog prikaza promena ukupnog broja anaerobnih bakterija uočava se da je porast broja bakterija kod svih grupa uzoraka skuše bio izraženiji do 40. dana skladištenja, a da je do 50. dana taj porast slabije izražen (grafikon 5.5).



Grafikon 5.5. Promene broja anaerobnih bakterija u uzorcima skuše u toku skladištenja

5.3 Fizičko-hemijska i hemijska ispitivanja

5.3.1 Ispitivanja pH vrednosti

U tabela 34-39 prikazani su rezultati pH vrednosti uzoraka soljene i marinirane skuše pakovane u vakuumu i modifikovanoj atmosferi. Nultog dana ispitivanja prosečne pH vrednost prve i druge grupe uzoraka marinirane skuše bila je $6,14 \pm 0,04$ i bila je statistički značajno veća ($p < 0,01$) od prosečne pH vrednosti uzoraka treće ($5,09 \pm 0,06$) odnosno četvrte grupe ($5,06 \pm 0,05$). Između prosečnih pH vrednosti uzoraka prve i druge grupe odnosno treće i četvrte grupe nije utvrđena statistički značajna razlika (tabela 34).

Tabela 34. Prosečna pH vrednost nultog dana ispitivanja

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	$6,14^{AB}$	0,04	0,02	6,19	6,10	0,61
II	$6,14^{CD}$	0,04	0,02	6,19	6,10	0,61
III	$5,09^{AC}$	0,06	0,02	5,16	5,00	1,11
IV	$5,06^{BD}$	0,05	0,02	5,12	5,00	0,93

Legenda: Ista slova A, B, C, D, $p < 0,01$

Prosečne pH vrednosti skuše bile su 10.dana od $4,72 \pm 0,03$ (četvrta grupa) do $5,56 \pm 0,05$ (prve grupa). Utvrđeno je da je prosečna pH vrednost prve grupe uzoraka skuše bila statistički značajno veća ($p < 0,01$) od prosečne pH vrednost uzoraka skuše treće grupe ($4,81 \pm 0,05$) odnosno četvrte grupe ($4,72 \pm 0,03$) statistički značajno manja ($p < 0,05$) od prosečne pH vrednosti ($5,66 \pm 0,07$) uzoraka skuše druge grupe. Prosečna pH vrednost skuše druge grupe bila je

statistički značajno veća ($p < 0,01$) od prosečne pH vrednosti uzoraka skuše treće, odnosno četvrte grupe. Utvrđeno je da je prosečna pH vrednost ($4,81 \pm 0,05$) uzoraka skuše treće grupe bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od prosečne pH vrednosti uzoraka skuše četvrte grupe ($4,72 \pm 0,03$) (tabela 35).

Tabela 35. Prosečna pH vrednost 10. dana ispitivanja

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	5,56 ^{aAB}	0,05	0,02	5,62	5,50	0,83
II	5,66 ^{aCD}	0,07	0,03	5,74	5,55	1,18
III	4,81 ^{ACb}	0,05	0,02	4,87	4,72	1,08
IV	4,72 ^{BDb}	0,03	0,01	4,77	4,68	0,65

Legenda: Ista slova A, B, C, D, $p < 0,01$; a,b $p < 0,05$

Posle 20.dana skladištenja prosečne pH vrednosti uzoraka skuše prve ($5,33 \pm 0,05$) i druge grupe ($5,42 \pm 0,03$) bile su statistički značajno veće ($p < 0,01$) od prosečne pH vrednosti uzoraka skuše treće ($4,59 \pm 0,08$) i četvrte grupe ($4,44 \pm 0,05$). Prosečna pH vrednost skuše treće grupe bila je statistički značajno veća ($p < 0,01$) od prosečne pH vrednosti uzoraka skuše četvrte grupe (tabela 36).

Tabela 36. Prosečna pH vrednost 20. dana ispitivanja

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	5,33 ^{AB}	0,05	0,02	5,39	5,25	1,00
II	5,42 ^{CD}	0,03	0,01	5,47	5,38	0,61
III	4,59 ^{ACE}	0,08	0,03	4,70	4,49	1,69
IV	4,44 ^{BDE}	0,05	0,02	4,50	4,39	1,05

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, $p < 0,01$

Prosečna pH vrednost skuše druge grupe ($5,29 \pm 0,05$) posle 30.dana skladištenja bila je statistički značajno veća ($p < 0,01$) od prosečnih pH vrednosti skuše ostalih ispitivanih grupe. Utvrđeno je da je prosečna pH vrednost skuše prve grupe bila statistički značajno veća ($p < 0,01$) od prosečne pH vrednosti skuše treće i četvrte grupe. Nije utvrđena statistički značajna razlika između prosečnih pH vrednosti treće ($4,50 \pm 0,06$) i četvrte grupe ($4,43 \pm 0,05$) (tabela 37).

Tabela 37. Prosečna pH vrednost 30. dana ispitivanja

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	5,16ABC	0,03	0,01	5,20	5,12	0,53
II	5,29ADE	0,05	0,02	5,36	5,22	0,88
III	4,50BD	0,06	0,03	4,61	4,42	1,38
IV	4,43CE	0,05	0,02	4,50	4,39	1,03

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, $p < 0,01$

Identični rezultati u pogledu statističke značajnosti razlika između poređenih grupa skuše utvrđene su i 40. i 50. dana ispitivanja ali su pH vrednosti bile različite (40. dan –prva grupa , $5,09 \pm 0,02$; druga grupa $5,30 \pm 0,04$; treća grupa $4,50 \pm 0,06$; četvrta grupa $4,50 \pm 0,11$; 50. dan- prva grupa , $4,80 \pm 0,07$; druga grupa $5,00 \pm 0,09$; treća grupa $4,47 \pm 0,04$; četvrta grupa $4,43 \pm 0,04$) (tabele 38 i 39).

Tabela 38. Prosečna pH vrednost 40. dana ispitivanja

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	$5,09^{ABC}$	0,02	0,01	5,12	5,05	0,49
II	$5,30^{ADE}$	0,04	0,02	5,34	5,22	0,78
III	$4,50^{BD}$	0,06	0,02	4,58	4,40	1,32
IV	$4,50^{CE}$	0,11	0,05	4,70	4,39	2,51

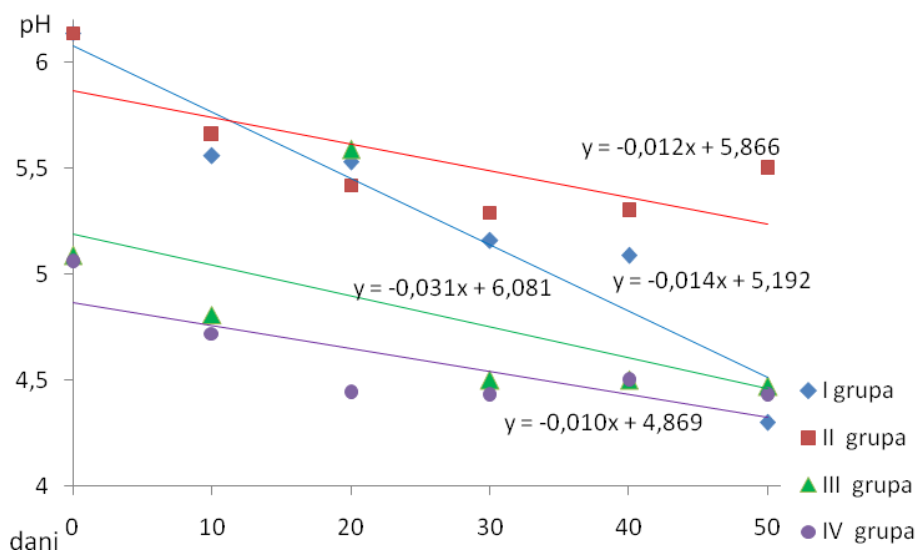
Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, $p < 0,01$

Tabela 39. Prosečna pH vrednost 50. dana ispitivanja

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	4,80 ^{ABC}	0,07	0,03	4,88	4,69	1,37
II	5,00 ^{ADE}	0,09	0,04	5,10	4,85	1,82
III	4,47 ^{BD}	0,04	0,02	4,52	4,47	0,90
IV	4,43 ^{CE}	0,04	0,02	4,49	4,40	0,92

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, $p < 0,01$

Smanjenje vrednosti pH utvrđeno je kod svih grupa uzoraka skuše do 30. dana, a zatim se nije značajnije menjala do 60. dana (grafikon 5.6).



Grafikon 5.6. Promene pH vrednosti u uzorcima skuše u toku skladištenja

5.3.2 Ispitivanje sadržaja ukupnog isparljivog azota

Rezultati ispitivanja sadržaja ukupnog isparljivog azota u uzorcima soljene i marinirane pakovane skuše prikazani su u tabelama 40-45. Na početku ispitivanja nultog dana sadržaja ukupnog isparljivog azota u uzorcima marinirane skuše bio je od $10,15 \pm 0,16$ mg/100 g (četvrta grupa) do $10,46 \pm 0,34$ mg/100 g (prva grupa). Razlike između prosečnih vrednosti sadržaja ukupnog isparljivog azota ispitivanih grupa skuše nisu bile statistički značajne (tabela 40).

Tabela 40. Sadržaj ukupnog isparljivog azota nultog dana ispitivanja (mg/100g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	10,46	0,34	0,15	10,80	9,90	3,29
II	10,18	0,29	0,12	10,68	9,89	2,81
III	10,27	0,40	0,16	10,68	9,71	3,93
IV	10,15	0,16	0,07	10,35	9,94	1,60

Posle deset dana skladištenja prosečan sadržaj ukupnog isparljivog azota bio je statistički značajno manji ($p < 0,01$) u uzorcima skuše četvrte grupe ($11,54 \pm 0,22$ mg/100 g) u odnosu na ostale poredene grupe (tabela 41). Utvrđeno je da je prosečan sadržaj ukupnog isparljivog azota bio je statistički značajno veći ($p < 0,01$) u uzorcima skuše prve grupe ($14,11 \pm 0,59$ mg/100 g) i druge grupe ($13,55 \pm 0,26$ mg/100 g) od prosečnog sadržaja ukupnog isparljivog azota u uzorcima skuše treće grupe ($12,37 \pm 0,29$ mg/100 g). Nisu utvrđene statistički značajne razlike između prosečnog sadržaja ukupnog isparljivog azota skuše prve i druge grupe.

Tabela 41. Sadržaj ukupnog isparljivog azota 10. dana ispitivanja (mg/100g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	14,11 ^{AB}	0,59	0,24	14,84	13,05	4,18
II	12,37 ^{ACD}	0,29	0,12	12,74	12,00	2,34
III	13,55 ^{CE}	0,26	0,10	13,90	13,25	1,89
IV	11,54 ^{BDE}	0,22	0,09	11,82	11,25	1,93

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, $p < 0,01$

Utvrđeno je da između prosečanih sadržaja ukupnih isparljivih azota u uzorcima skuše bio statistički značajno različit ($p < 0,01$) između svih poređenih grupa 20., 30., 40., 50., dana ispitivanja (tabele 42-45). Sadržaja ukupnog isparljivog azota 20.dana ispitivanja u uzorcima skuše bio je od $13,19 \pm 0,26$ mg/100 g (četvrta grupa) do $18,71 \pm 0,23$ mg/100 g (prva grupa), 30.dana od $18,69 \pm 0,36$ mg/100 g (prva grupa) do $25,43 \pm 0,34$ mg/100 g (prva grupa), 40.dana od $22,31 \pm 0,30$ mg/100 g (četvrta grupa) do $31,28 \pm 0,40$ mg/100 g (prva grupa) i 50.dana od $27,43 \pm 0,35$ mg/100 g (četvrta grupa) do $38,49 \pm 0,38$ mg/100 g (prva grupa) (tabele 42-45). Od 20. pa do 60.dana ispitivanja sadržaj ukupnog isparljivog azota skuše imao je sledeći opadajući niz prva grupa > treće grupa > druga grupa > četvrta grupa.

Tabela 42. Sadržaj ukupnog isparljivog azota 20. dana ispitivanja (mg/100g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	18,71 ^{ABC}	0,23	0,95	19,00	18,42	1,24
II	17,10 ^{ADE}	0,15	0,06	17,30	16,94	0,90
III	16,61 ^{BDF}	0,29	0,12	17,05	16,27	1,73
IV	13,19 ^{CEF}	0,26	0,08	13,45	12,95	1,57

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

Tabela 43. Sadržaj ukupnog isparljivog azota 30. dana ispitivanja (mg/100g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	25,43 ^{ABC}	0,34	0,14	25,94	25,00	1,34
II	22,46 ^{ADE}	0,26	0,11	22,71	22,10	1,15
III	20,43 ^{BDF}	0,34	0,14	20,84	20,05	1,69
IV	18,69 ^{CEF}	0,36	0,15	19,11	18,25	1,93

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

Tabela 44. Sadržaj ukupnog isparljivog azota 40. dana ispitivanja (mg/100g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	31,28 ^{ABC}	0,40	0,17	31,72	30,84	1,29
II	26,25 ^{ADE}	0,39	0,16	26,92	25,88	1,48
III	24,47 ^{BDF}	0,33	0,13	24,90	23,95	1,34
IV	22,31 ^{CEF}	0,30	0,12	22,62	21,87	1,32

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

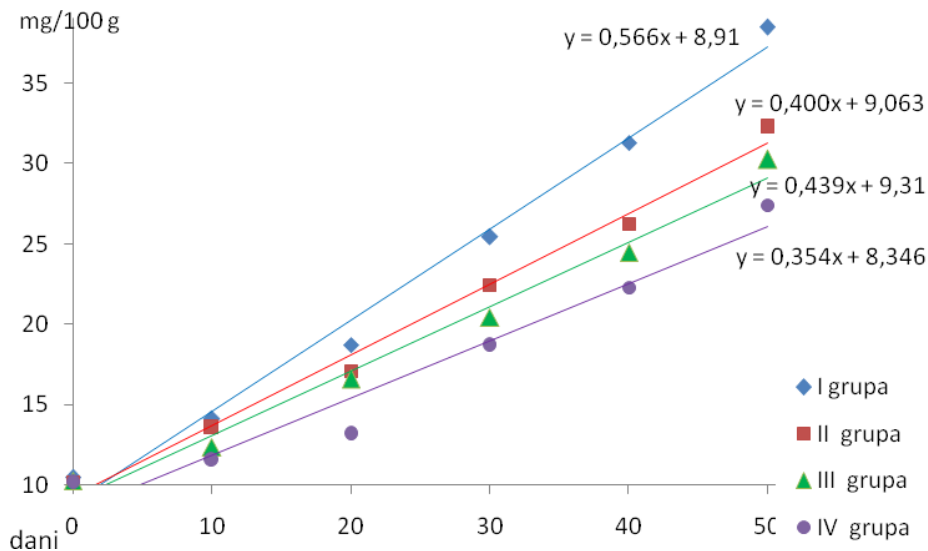
Tabela 45. Sadržaj ukupnog isparljivog azota 50. dana ispitivanja (mg/100g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	38,49 ^{ABC}	0,38	0,16	38,95	38,05	0,99
II	32,26 ^{ADE}	0,36	0,15	32,81	31,85	1,12
III	30,03 ^{BDF}	0,59	0,24	30,48	28,90	1,97
IV	27,43 ^{CEF}	0,35	0,14	27,84	26,88	1,27

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

Promene sadržaja ukupnog sadržaja azota kod svih uzoraka skuše od 0.do 50. dana prikazane su grafikonom 5.7. Iz grafikona se vidi da se kod uzoraka skuše prve grupe sadržaj ukupnog

isparljivog azota kretao od $10,46 \pm 0,37$ mg/100 g do $38,49 \pm 0,38$ mg/100 g (prva grupa), od $10,27 \pm 0,40$ mg/100 g do $32,06 \pm 0,59$ mg/100 g (druga grupa), $10,18 \pm 0,29$ mg/100 g do $30,03 \pm 0,59$ (treća grupa), $10,15 \pm 0,16$ mg/100 g do $27,43 \pm 0,35$ mg/100 g (četvrta grupa) (grafikon 5.7).



Grafikon 5.7. Promene sadržaja ukupnog isparljivog azota u uzorcima skuše u toku skladištenja

5.3.3. Ispitavanje sadržaja malondialdehida

Rezultati ispitivanja sadržaja malondialdehida u uzorcima soljene i marinirane pakovane skuše prikazani su u tabelama 46-51. Prosečan sadržaj malondialdehida nultog dana ispitivanja bio je od $0,19 \pm 0,11$ mg/kg (treća i četvrta grupa) do $0,20 \pm 0,01$ mg/kg (prva i druga grupa) (tabela 46).

Tabela 46. Sadržaj malondialdehida nultog dana ispitivanja

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	0,20	0,01	0,006	0,22	0,18	7,69
II	0,20	0,01	0,006	0,22	0,18	7,94
III	0,19	0,01	0,004	0,21	0,18	5,38
IV	0,19	0,01	0,004	0,21	0,18	5,25

Prosečan sadržaj malondialdehida 10. dana ispitivanja u uzorcima skuše prve grupe ($0,84 \pm 0,06$ mg/kg) bio je statistički značajno veći ($p < 0,01$) od prosečnog sadržaja malondialdehida u uzorcima treće ($0,73 \pm 0,03$ mg/kg) i četvrte grupe ($0,70 \pm 0,01$ mg/kg). Utvrđeno je da je prosečan sadržaj malondialdehida u uzorcima skuše četvrte grupe bio statistički značajno manji ($p < 0,01$) od prosečnog sadržaja malondialdehida u uzorcima druge, odnosno treće grupe. Nije utvrđena statistički značajna razlika između prosečanog sadržaja malondialdehida u uzorcima skuše druge i treće grupe (tabela 47).

Tabela 47. Sadržaj malondialdehida 10. dana ispitivanja (mg/kg)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	0,84AB	0,06	0,02	0,90	0,740	7,20
II	0,79C	0,01	0,006	0,81	0,77	1,96
III	0,73AD	0,03	0,014	0,80	0,70	4,75
IV	0,70BCD	0,01	0,006	0,72	0,68	2,02

Legenda: Ista slova A, B, C, D, $p < 0,01$

Prosečan sadržaj malondialdehida u uzorcima skuše 20.dana ipitivanja bio je od $0,96 \pm 0,05$ mg/kg (četvrta grupa) do $1,30 \pm 0,02$ mg/kg (prva grupa). Između prosečnih vrednosti sadržaj malondialdehida poređenih grupa skuše utvrđena je statistički značajna razlika na nivou $p < 0,05$ između treće i četvrte grupe, a u svim ostalim slučajevima sa statističkom značajnošću od $p < 0,01$ (tabela 48).

Tabela 48. Sadržaj malondialdehida 20.dana ispitivanja (mg/kg)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	1,30ABC	0,02	0,008	1,34	1,28	1,56
II	1,21ADE	0,02	0,008	1,24	1,18	1,78
III	1,04BDa	0,06	0,024	1,11	0,95	5,82
IV	0,96CEa	0,05	0,022	1,05	0,90	5,78

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E $p < 0,01$; a, $p < 0,05$

Posle 30.dana skladištenja prosečan sadržaj malondialdehida u uzorcima skuše prve grupe ($1,67 \pm 0,04$ mg/kg) bio je statistički značajno veći ($p < 0,01$) od prosečnog sadržaja malondialdehida ostalih ispitivanih grupa. Utvrđeno je da je prosečan sadržaj malondialdehida u uzorcima skuše četvrte grupe ($1,35 \pm 0,04$ mg/kg) bio statistički značajno manji ($p < 0,01$) od prosečnog sadržaja malondialdehida u uzorcima treće ($1,45 \pm 0,04$ mg/kg) i druge grupe ($1,50 \pm 0,04$ mg/kg). Nije utvrđena statistički značajna razlika između prosečanog sadržaja malondialdehida u uzorcima skuše druge i treće grupe (tabela 49).

Tabela 49. Sadržaj malondialdehida 30. dana ispitivanja (mg/kg)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	1,67ABC	0,04	0,01	1,71	1,60	2,44
II	1,50AD	0,04	0,01	1,58	1,46	2,74
III	1,45BE	0,04	0,01	1,50	1,40	2,56
IV	1,35CDE	0,04	0,01	1,42	1,30	3,29

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, p<0,01

Prosečan sadržaj malondialdehida u uzorcima skuše 40.dana ispitivanja prve grupe (1,80±0,04 mg/kg) bio je statistički značajno veći (p<0,01) od od prosečnog sadržaja malondialdehida ostalih ispitivanih grupa. Utvrđeno je da je prosečan sadržaj malondialdehida u uzorcima skuše četvrte grupe (1,58±0,03 mg/kg) bio statistički značajno manji (p<0,05) od prosečnog sadržaja malondialdehida u uzorcima druge, kao i od prosečnog sadržaja malondialdehida uzoraka prve, odnosno treće grupe ali sa statističkom značajnošću od p<0,01. Nije utvrđena statistički značajna razlika između prosečanog sadržaja malondialdehida uzoraka skuše druge i treće grupe (tabela 50).

Tabela 50. Sadržaj malondialdehida 40. dana ispitivanja (mg/kg)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	1,80ABC	0,04	0,01	1,86	1,75	2,31
II	1,70Aa	0,03	0,01	1,77	1,68	2,02
III	1,65BD	0,04	0,01	1,70	1,60	2,27
IV	1,58CaD	0,03	0,01	1,62	1,55	1,77

Legenda: Ista slova A, B, C, D, p<0,01; a, p<0,05

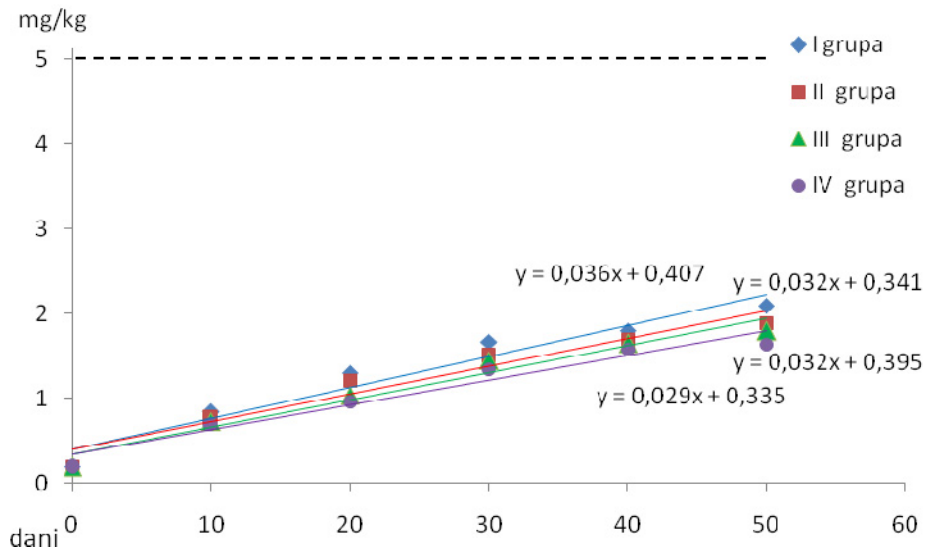
Identični rezultati u pogledu statističke značajnosti (tabela 51) dobijeni su i poređenjem prosečnih vrednosti sadržaja malondialdehida u uzorcima skuše 50.dana ispitivanja, sa tom razlikom što je sadržaj malondialdehida bio kod svih grupa uzoraka veći i kretao se od 1,69 ±0,06 mg/kg (četvrta grupa) do 2,10±0,07 mg/kg (prva grupa).

Tabela 51. Sadržaj malondialdehida 50. dana ispitivanja (mg/kg)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		S _d	S _e	I _v		C _v %
				X _{max}	X _{min}	
I	2,10ABC	0,07	0,02	2,19	2,00	3,33
II	1,89Aa	0,02	0,01	1,92	1,85	1,44
III	1,80BD	0,06	0,02	1,89	1,74	3,56
IV	1,69aD	0,06	0,02	1,78	1,60	3,71

Legenda: Ista slova A, B, C, D, p<0,01; a, p<0,05

Promene sadržaj malondialdehida u uzorcima skuše od 0. dana do 50. dana prikazane su grafikonim 5.8. Kod prve grupe uzoraka skuše sadržaj malondialdehida bio je od $0,20 \pm 0,10$ mg/kg (nulti dan) do $2,10 \pm 0,07$ mg/kg (60.dan), druge grupe od $0,20 \pm 0,01$ mg/kg do $1,80 \pm 0,06$ mg/kg, treće grupe od $0,19 \pm 0,01$ mg/kg do $1,89 \pm 0,02$ mg/kg i četvrte grupe od $0,19 \pm 0,01$ mg/kg do $1,69 \pm 0,06$ mg/kg.



Grafikon 5.8. Promene sadržaja malondialdehida u uzorcima skuše u toku skladištenja

5.3.4 Ispitivanje sadržaja histamina

Na početku ispitivanja nultog dana prosečan sadržaj histamina u uzorcima soljene i marinirane skuše bio je ujednačen (od $4,51 \pm 0,02$ mg/100 g prva grupa do $4,55 \pm 0,04$ mg/100 g četvrta grupa) (tabela 52).

Tabela 52. Sadržaj histamina nultog dana ispitivanja (mg/100g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	4,51	0,22	0,09	4,81	4,24	4,97
II	4,54	0,20	0,08	4,85	4,32	4,48
III	4,51	0,21	0,08	4,84	4,32	4,71
IV	4,55	0,19	0,07	4,83	4,34	4,19

Već posle deset dana skladištenja utvrđeno je da je prosečan sadržaj histamina u uzorcima skuše prve grupe ($6,57 \pm 0,27$ mg/100 g) bio statistički značajno veći ($p < 0,01$) od prosečnog sadržaja histamina u uzorcima skuše ostalih ispitivanih grupa. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između prosečnog sadržaja histamina uzoraka skuše treće ($5,64 \pm 0,24$ mg/100 g) i četvrte grupe ($5,41 \pm 0,11$ mg/100 g). Utvrđeno je da je prosečan sadržaj histamina druge grupe ($6,14 \pm 0,12$ mg/100 g) skuše bio statistički značajno veći ($p < 0,01$) od prosečnog sadržaja histamina uzoraka skuše treće, odnosno, četvrte grupe (tabela 53).

Tabela 53. Sadržaj histamina 10. dana ispitivanja (mg/100g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	6,57ABC	0,27	0,11	6,90	6,25	4,11
II	6,14AD	0,12	0,05	6,31	6,00	2,01
III	5,54BDE	0,24	0,10	5,84	5,18	4,43
IV	5,41CE	0,11	0,04	5,61	5,28	2,21

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, $p < 0,01$

Dvadesetog dana ispitivanja u uzorcima skuše bio je od $5,69 \pm 0,09$ mg/100 g (četvrta grupa) do $7,34 \pm 0,29$ mg/100 g (prva grupa). Razlike između prosečnog sadržaja histamina svih poređenih grupa skuše bile su statistički značajne ($p < 0,01$) (tabela 54). Prosečan sadržaj histamina u uzorcima prve grupe ($5,26 \pm 0,12$ mg/100 g) skuše bio je statistički značajno veći ($p < 0,01$) od prosečnog sadržaja histamina u uzorcima ostalih ispitivanih grupa uzoraka skuše. Između prosečnog sadržaja histamina uzoraka skuše treće ($6,31 \pm 0,12$ mg/100 g) i druge grupe ($6,63 \pm 0,10$ mg/100 g) nije utvrđena statistički značajna razlika. Utvrđeno je da je prosečan sadržaj histamina u uzorcima druge, odnosno treće grupe uzoraka skuše bio statistički značajno veći ($p < 0,01$) od prosečnog sadržaja histamina u uzorcima skuše četvrte grupe.

Tabela 54. Sadržaj histamina 20. dana ispitivanja (mg/100g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	7,34ABC	0,29	0,11	7,77	7,04	3,99
II	6,63ADE	0,10	0,04	6,80	6,52	1,63
III	6,61BDF	0,12	0,04	6,50	6,18	1,90
IV	5,69CEF	0,09	0,03	6,84	5,54	1,68

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F $p < 0,01$

Tabela 55. Sadržaj histamina 30. dana ispitivanja (mg/100g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	8,26ABC	0,12	0,05	8,48	8,12	1,55
II	6,96AD	0,05	0,02	7,02	6,88	0,80
III	6,87BE	0,08	0,03	6,97	6,72	1,30
IV	6,21CDE	0,1	0,04	6,36	6,08	1,86

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, $p < 0,01$

Tridesetog dana ispitivanja prosečan sadržaj histamina uzoraka prve grupe ($8,26 \pm 0,12$ mg/100 g) bio je statistički značajno veći ($p < 0,01$), a prosečan sadržaj histamina uzoraka četvrte grupe ($6,21 \pm 0,1$ mg/100 g) značajno manji od prosečnog sadržaja histamina u uzorcima ostalih

poređenih grupa sluke. Nije utvrđena statistički značajna razlika između prosečnog sadržaja histamina druge i treće grupe (tabela 55).

Prosečan sadržaj histamina bio je 40.dana skladištenja od 6,40±0,09 mg/100 g (četvrta grupa) do 9,38±0,17 mg/100 g (prva grupa), a 50. dana 6,91±0,05 mg/100 g (četvrta grupa) do 10,20±0,11 mg/100 g (prva grupa). I posle 40. dana kao i 50. dana ispitivanja razlike između prosečnog sadržaja histamina u uzorcima skuše bile su statistički značajne (p<0,01) između sve četiri ispitivane grupe (tabela 56-57).

Tabela 56. Sadržaj histamina 40. dana ispitivanja (mg/100g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	9,38 ^{ABC}	0,17	0,07	9,65	9,14	1,91
II	7,77 ^{ADE}	0,14	0,05	7,92	7,54	1,84
III	7,14 ^{BDF}	0,16	0,06	7,41	6,90	2,33
IV	6,40 ^{CEF}	0,094	0,03	6,51	6,30	1,48

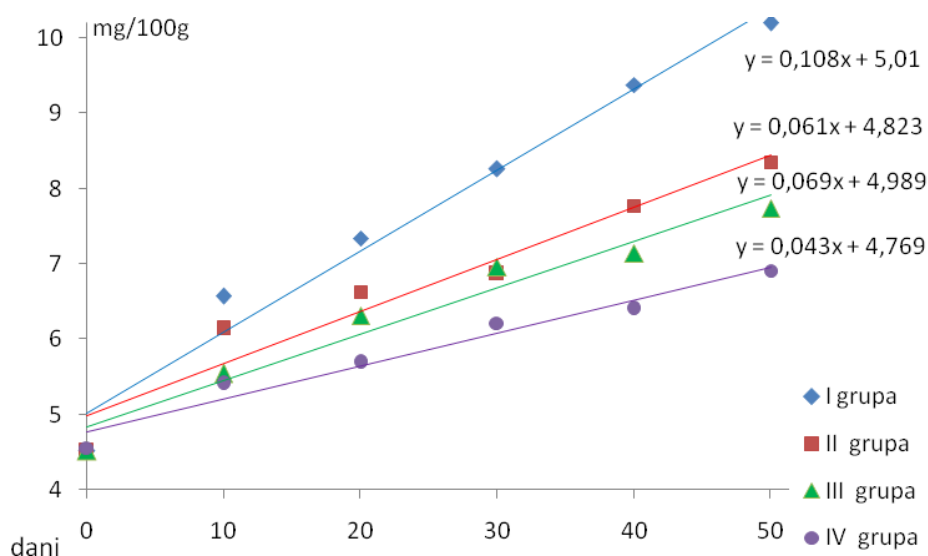
Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

Tabela 57. Sadržaj histamina 50. dana ispitivanja (mg/100g)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	Iv		Cv %
				Xmax	Xmin	
I	10,20 ^{ABC}	0,11	0,04	10,31	10,02	1,17
II	8,35 ^{ADE}	0,10	0,04	8,45	8,18	1,26
III	7,74 ^{BDE}	0,12	0,04	7,92	7,59	1,57
IV	6,91 ^{CEF}	0,05	0,02	7,00	6,85	0,75

Legenda: Ista slova A, B, C, D, E, F p<0,01

Grafikonom 5.9 prikazane su promene sadržaja histamina od 0. do 50. dana u sve četiri grupe uzoraka skuše. Prosečan sadržaj histamina kod prve grupe uzoraka bio je od 4,51±0,05 mg/100 g do 10,20±0,11mg/100 g, druge od 4,54±0,20 mg/100 g do 8,35±0,10 mg/100 g, treće od 4,51±0,21 mg/100 g do 7,74±0,12 mg/100 g i četvrte od 4,55±0,19 mg/100 g do 6,91±0,05 mg/100 g.



Grafikon 5.9. Promene sadržaja histamina u uzorcima skuše u toku skladištenja

5.4 Senzorna ocena uzoraka skuše

Utvrđeno je da su se prosečne ocene ukupne prihvatljivosti bile $3,42 \pm 0,90$ (prva grupe), $3,69 \pm 0,81$ (druga grupa), $5,05 \pm 1,02$ (treća grupa), $5,85 \pm 0,88$ (četvrta grupa). Između svih poređenih grupa utvrđena je statistički značajna razlika ($p < 0,01$, $p < 0,05$) između ocena ukupne prihvatljivosti (tabela 58). Uzorci skuše, kako one pakovane u vakuumu a naročito one pakovane u modifikovanu atmosferu imali su znatno veće ocene ukupne prihvatljivosti od uzoraka skuše koji su tretirani samo u rastvoru kuhinjske soli (prva i druga grupa). Uzorci skuše prve grupe imali su prosečnu ocenu $3,42 \pm 0,90$, manju od zadovoljavajuće (3,50).

Tabela 58. Prosečne senzorne ocene ukupne prihvatljivosti uzoraka skuše

Grupa	Ocena prihvatljivosti $\bar{X} \pm Sd$
I	$3,42 \pm 0,90^{ABa}$
II	$3,69 \pm 0,31^a$
III	$5,05 \pm 1,02^{A,C}$
IV	$5,85 \pm 0,88^{BC}$

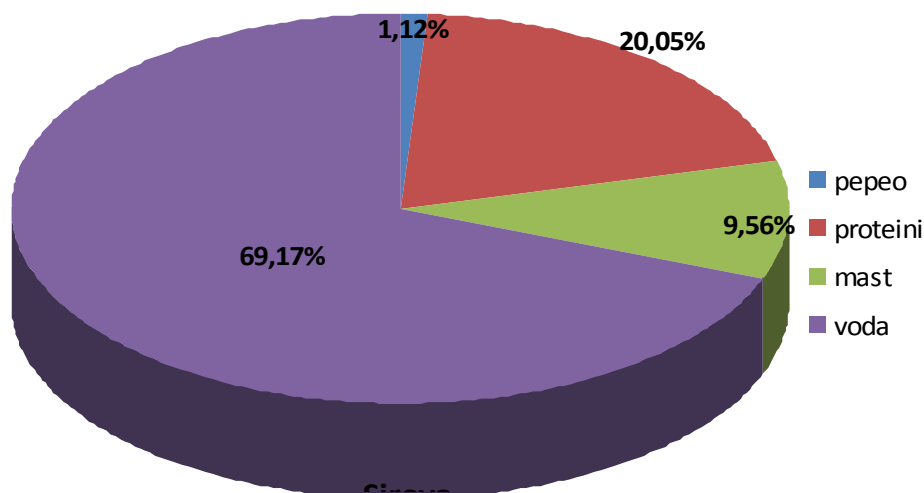
6. DISKUSIJA

6.1 Hemijski sastav soljenje i marinirane ribe

Interes potrošača za svežom, ohlađenom, polugotovom hranom sa produženom održivošću, usmerilo je brojna istraživanja na postupke konzerviranja kojima se može kontrolisati rast bakterija, da bi proizvod bio bezbedan i da bi bio održiv duže vreme (Sallam, 2007). U poređenju sa mesom stoke za klanje (goveđe, svinjsko, ovčije, pileće) meso ribe je slabije održivo samim tim što ima visok pH (najčešće >6,0) sadrži znatne količine neproteinskog azota, polinezasićene masne kiseline, kao i autolitične enzime. Kvar ribe može da se spreči različitim postupcima konzervisanja (Sivertsvik i sar., 2002).

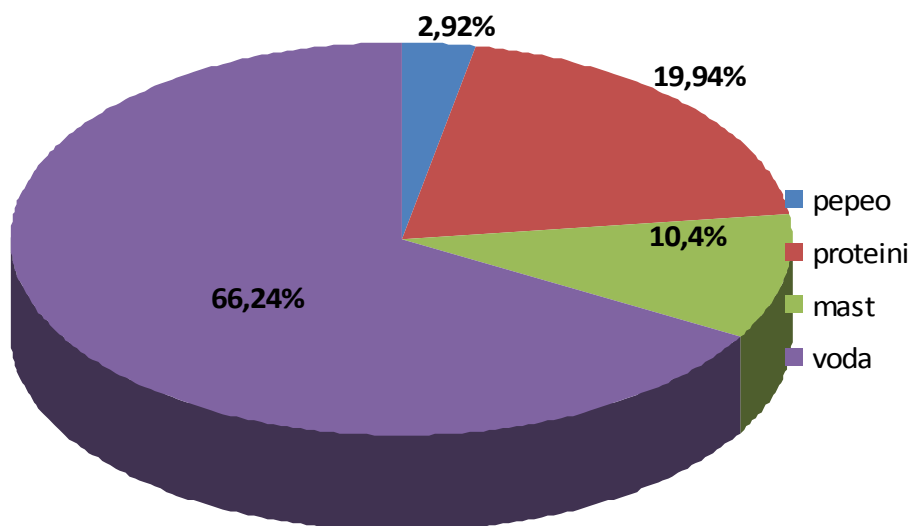
Hemijski sastav mesa ribe zavisi, pre svega, od vrste ribe ali ima varijacija i unutar same vrste. Te varijacije zavise od starosti, veličine, pola, sezone izlova (Silva i Scamol, 2000). U stvari, varijacije u hemijskom sastavu ribe zavise od ishrane, migracije i polnog ciklusa. Proizvođači imaju direktan interes za hemijski sastav ribe, kao polazni materijal za preradu (Ouyar i Eke, 2009).

Mariniranje utiče na promene hemijskog sastava mesa ribe. Sadržaj vode u soljenoj i mariniranoj ribi je prema našim rezultatima znatno manji od sadržaja vode u sirovoj ribi (grafikoni 6.1 i 6.3, tabela 1).



Grafikon 6.1. Hemijski sastav uzoraka skuše

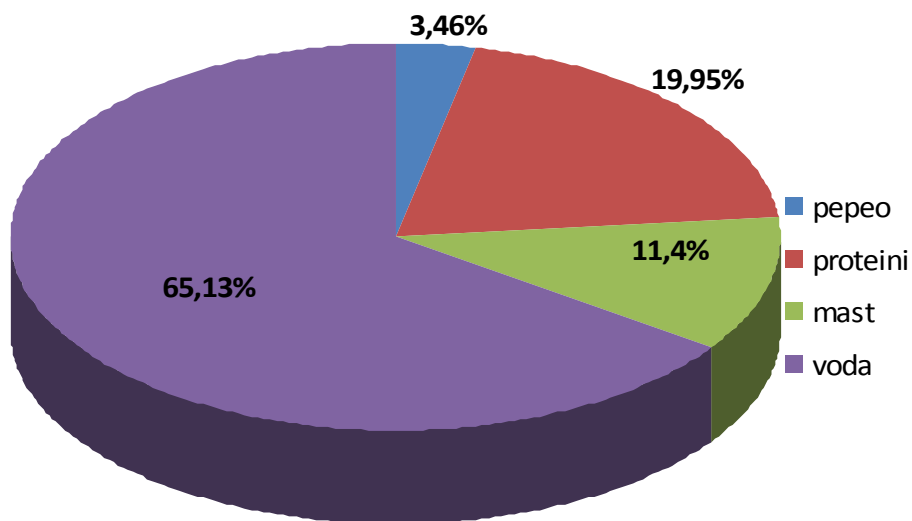
Promena sadržaja vode uticala je na promene odnosa ostalih sastojaka mesa ribe, pa je tako zabeleženo u soljenoj i mariniranoj ribi povećanje sadržaja masti (10,40% soljena riba, 11,40% marinirana riba i 9,56% sirova riba) (grafikoni 6.1 6.2, tabela 1).



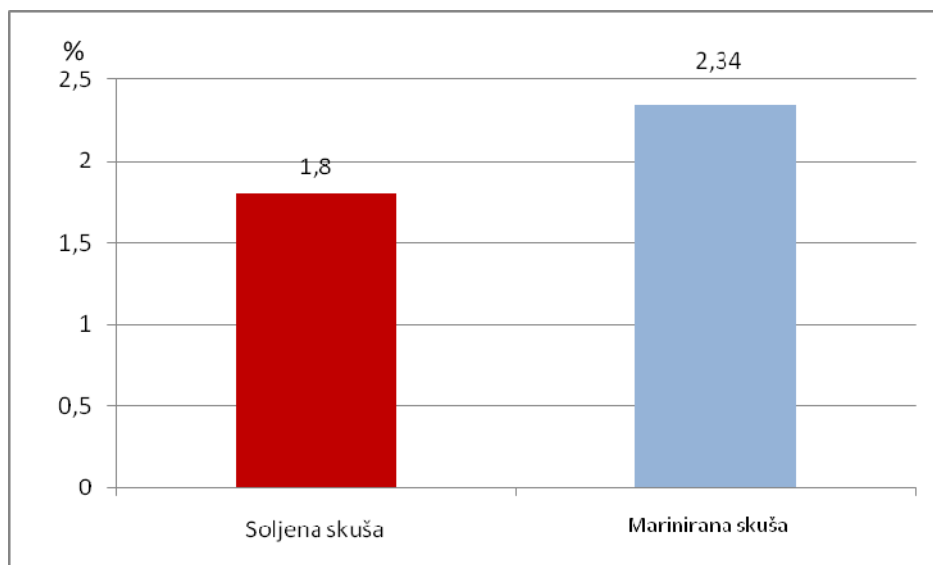
Grafikon 6.2. Hemijski sastav uzoraka skuše

Obično se uzima da sadržaj masti i vode u mesu ribe predstavlja konstantu (**Baltić i Teodorović, 1997**).

Soljenjem, odnosno, mariniranjem povećava se sadržaj pepela u mesu (saoljena riba 2,92 %, marinirana ribe 3,46% i sirova riba 1,12%) pa razume se i sadržaj soli. U soljenoj ribi prema našim rezultatima sadržaj soli je bio 1,80% a u mariniranoj 2,34% (tabela 2, grafikon 6.4).



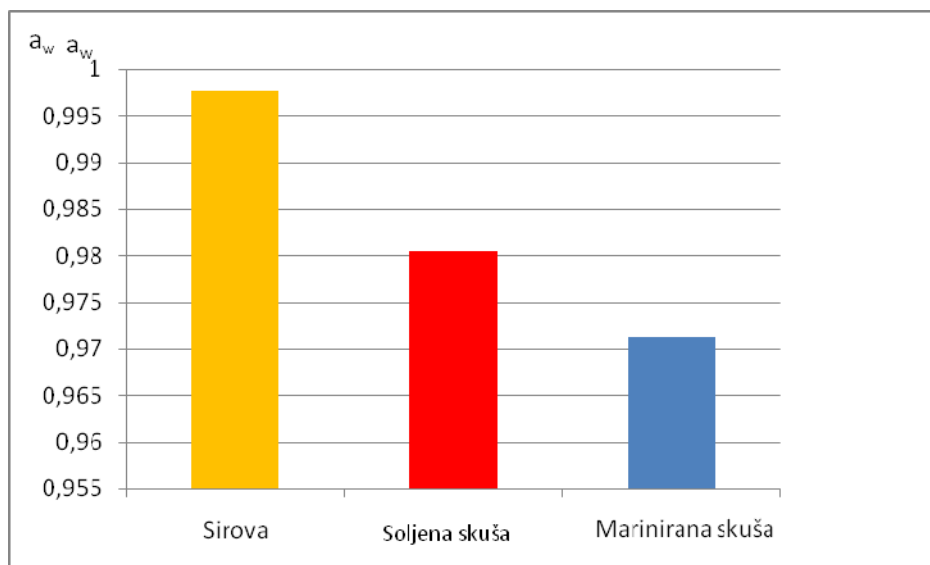
Grafikon 6.3. Hemijski sastav uzoraka skuše



Grafikon 6.4. Sadržaj soli u soljenoj i mariniranoj skuši

Sa povećanjem sadržaja soli u mesu ribe i smanjenjem sadržaja vode dolazi do smanjenja sadržaja a_w vrednosti. Tako je a_w vrednost sirove ribe u našim ispitivanjima bila 0,997, soljenje ribe 0,9805 a mirinirane ribe 0,9712 (tabela 3, grafikon 6.5).

Yeannes i Casales (2008) saopštavaju da se a_w vrednost ribe smanjuje sa 0,99 na 0,97 i da je to jedan od razloga usporenog rasta bakterija. a_w vrednost se smanjuje kao posledica povećanja soli u ribi, ali i usled smanjenja sadržaja vode. Uzrok smanjenja sadržaja vode je prisustvo kiseline u marinadi i smanjenje pH vrednosti, što utiče na sposobnost vezivanja vode, odnosno njenog smanjenja u mesu ribe (**Kolakowski i Bednarczyk, 2002**). U toku mariniranja može da se smanji i sadržaj proteina, kao posledica hidrolize mesa (**Feenej, 1977**).



Grafikon 6.5. a_w vrednost sirove, soljene i marinirane skuše

Ove razlike posledica su činjenice da mariniranjem dolazi do promena u strukturi mišićnog tkiva (mesa) i lakšeg prodiranja soli u meso (**Kilinic i Cakli, 2004**).

Mariniranje je proces čiji je cilj dobijanje proizvoda koji zahteva u većini slučajeva dodatnu, najčešće, toplotnu obradu. Marinirani proizvod pod određenim uslovima (dužina mariniranja, količina soli i kiselina, vrsta ribe) može da bude i „ready-to eat“ proizvod. Konzervišući efekat mariniranja zasniva se na zajedničkom delovanju sirćetne kiseline i soli. Inhibitorni efekat zavisi od koncentracije soli i kiselina. Osnovni efekat mariniranja zasniva se na delovanju na bakterije i enzime a ovaj postupak utiče na mekoću mesa, promenu ukusa, teksturu proizvoda (promena strukture) što sve doprinosi specifičnom mirisu i ukusu, produženje održivosti proizvoda (ribe) što je ipak ograničeno. Riba u marinda pri temperaturama hlađenja (4-6 °C) može da se čuva duže vreme (**Gokoglu i sar., 2004**).

6.2 Bakteriološki status soljene i marinirane ribe

Primena kiselina kao konzervansa je tradicionalni postupak sprečavanja kvara hrane. Kiseline smanjuju pH ispod nivoa potrebnog za rast bakterija (**Jay, 2000**). Soljenje se vekovima, koristi kao postupak konzerviranja ribe. Natrijum hlorid se dodaje hrani, jer ima efekat kao konzervans a deluje na senzorne i funkcionalne osobine hrane. So ima prooksidativni efekat i ubrzava oksidaciju lipida u mariniranoj i soljenoj ribi (**Goulas i Kontominas, 2005; Kilnic i Cakli, 2004**).

Mariniranje je stari proces konzerviranja ribe u Evropi. Masne ribe kao što su sardine, skuša, kečiga, kao i neki rakovi i školjke se najviše mariniraju. Održivost toplotno neobrađene marinirane ribe zavisi od upotrebe organske kiseline, koncentracije soli i pH vrednosti. Poznato je da je pH od 4,5 nije dovoljan za znatan rast bakterija. Međutim, ovakav proizvod od mesa ima jak i kiseo ukus (**Giuffrida i sar., 2007**).

Soljenje i mariniranje značajno utiču na bakteriološki status ribe. Naši rezultati (tabela 4-29, grafironi 5.1-5.5) pokazuju da je od svih ispitivanih grupa bakterija manje intenzivan rast zabeležen kod uzoraka koji su marinirani (tretirani solju i kiselinom) u odnosu na uzorke koji su samo soljeni. To je naročito izraženo kod enterobakterija gde je pedesetog dana ispitivanja kod mariniranih uzoraka ukupan broj enterobakterija kod uzoraka upakovanih u vakuum bio $3,38 \pm 0,15 \log \text{CFU/g}$ a pakovanih u MAP $1,71 \pm 0,07 \log \text{CFU/g}$. Kod soljenih uzoraka ukupan broj enterobakterija upakovanih u vakuum odnosno MAP bio je $4,06 \pm 0,14 \log \text{CFU/g}$ i $3,38 \pm 0,17 \log \text{CFU/g}$ respektivno (tabela 15, Rezultati ispitivanja). Kod soljenih uzoraka pakovanih u vakuum ukupan broj bakterija je porastao 50. dana na $7,3 \pm 0,14 \log \text{CFU/g}$ i to se smatra neprihvatljivim (tabela 9, grafikon 5.1). Naime, ima mišljenja da ukupan broj bakterija iznad $7,00 \log \text{CFU/g}$ nije prihvatljiv i da je u visokoj korelaciji sa kvarom ribe (**Huss, 1988**). Najintenzivniji rast u toku skladištenja zabeležen je kod bakterija mlečne kiseline (tabela 22-27, garfikon 5.4) što je u saglasnosti sa mišljenjima **Gunsen i sar., 2011, Olgunoglua, 2007, Fusrelli i sar., 1994, Akson, 1997**.

Mariniranje kao postupak konzerviranja je zasnovan tretman mešanja sa rastvorom koji sadrži so, začine, kiseline, limunov sok i doprinosu dobroj prihvatljivosti za različite proizvode od mesa (**Yoshida i sar., 2005**). Poznato je da se mariniranjem menja sposobnost vezivanja vode, smanjuje kalo toplotne obrade i poboljšava tekstrura (**Burst, 2005**). Rast bakterija kod

mariniranih proizvoda posledica je pada pH vrednosti a ponekad i prisustva antibakterijskih supstanci (**Polinge i Collignan, 2000**).

Za mariniranje može da se koristi sveža, odmrznuta i soljena riba. Bez obzira na prethodni tretman, mariniranje daje zadovoljavajuće rezultate. Tipična mikroflora marinirane ribe su laktobacili i mikrokoke.

U toku mariniranja sardina prisustvo *E. coli*, *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *S. aureus* nije utvrđeno (**Gunsen i sar., 2011**). Ovo su ranije utvrdili i **Fusselli i sar.** (1994), **Dokuzlu** (1997), **Aksu** (1997) i **Olgunoglu** (2007).

Promena mirisa i ukusa, kao rezultat kvara, su posledica rasta bakterija. Dodatno nastaju i promene boje, pojava sluzi i vidljivih promena boje kao i promene teksture. Za ribu je tipično da sadrži malo ugljenih hidrata i da ima visok sadržaj slobodnih masnih kiselina (**Gram i sar., 2002**). Delovanjem bakterija nastaju brojna jedinjenja kvara kao što je to amonijak, biogeni amini, organske kiseline i jedinjenja sumpora (**Rodrigues i sar., 2003**). Takođe, mnoge vrste riba sadrže trimetilamin oksid (TMAO) koji može da bude redukovano u trimetilamin (TMA) bakterijskom aktivnošću u anaerobnim uslovima (**Boskou i Debevere, 1997**). Proizvodnja TMA rezultira neprijatnim mirisom. TMA nastaje kao posledica rasta različitih vrsta bakterija *Aeromonas spp.*, *Photobacterium phosphoreum*, *Shewanella putrefaciens* i enterobakterija (**Gram i Dalgaard, 2002**). Carnobacteraceae takođe mogu da se vežu za kvar ribe (**Laursen i sar., 2005**).

Na rezultate naših ispitivanja pored soljenja odnosno mariniranja, značajan uticaj na rast bakterija imao je i način pakovanja. Pakovanje u atmosferi sa CO₂ dodatno smanjuje rast svih ispitivanih grupa bakterija. Antibakterijski efekat kod marinirane ribe upakovane u MAP je posledica delovanja kiseline, CO₂ kao i uslova čuvanja (+ 4 °C). Ne sme se pri tom zanemariti prisustvo soli, niska pH vrednost i smanjena a_w vrednost.

Održivost ribe i proizvoda od ribe u MAP-u može da se produži pri čemu održivost zavisi od izvora (stanja) sirovine, temperature, odnosa gasova i materijala za pakovanje. U literaturi postoje brojni podaci o uticaju MAP-a na ribu i proizvode od ribe (**Goulas i sar., 2005; Lopez-Caballero i sar., 2002; Ozogul i sar., 2004**). Održivost skuše na ledu je oko sedam dana i zato se traže mogućnosti produženja održivosti (**Stamatis i Arroudelos, 2007**). U MAP-u se održivost skuše može produžiti i do 12 dana.

Još 1933. godine **Coyne** (1933) je zaključio da visoke koncentracije CO₂ mogu da redukuju rast bakterija, pa tako može da se produži održivost hrane. Poznato je da se riba, skladištena u aerobnim uslovima, kvari usled prisustva gram-negativnih mikroorganizama *Shewanella Putrefaciens*. Tehnološki aspekti pakovanja u MAP se dugo izučavaju (**Dainty i Mackey, 1992**). U pakovanjima sa CO₂ rast *Shewanella Putrefaciens* je veoma inhibiran. Nasuprot tome, gram-negativan organizam *Photobacterium Phosphoreum* je identifikovan kao mikroorganizam odgovoran za kvar (**Dalgaard i sar., 1997**). MAP u kombinaciji sa hlađenjem može da bude vrlo efektivan metod konzervisanja koji omogućava produženje održivosti i očuvanje kvaliteta svežih, hladjenih namirnica kao što je crveno meso, meso živine, voće, povrće, pasta, riba (**Brody i Marsh, 1997; Davies, 1997**). Plodovi voda se razlikuju od ostalih vrsta mesa, pa i po tome što su podložni kako mikrobiološkom tako i hemijskom kvaru (**Pastoriza, 1996**). Kvar ribe počinje odmah nakon smrti, odnosno izlova. To je rezultat brojnih promena koje su uzrokovane aktivnošću bakterija i enzima.

Ukupan broj bakterija može da bude pokazatelj kvara. Smatra se da ukupan broj bakterija od 10⁸ CFU/ml i ukupan broj sulfitoredujućih bakterija od 10⁶ CFU/ml još uvek nije znak kvara ribe (**Dalgaard, 1995**).

Hlađenje je najvažnija strategija koja usporava rast bakterija i produživost ribe. MAP ili vakuum mogu dodatno da produže održivost (**Randell i sar., 1999**). Pozitivan efekat CO₂ na održivost ribe je dobro dokumentovan (**Hansen, 2008; Mendes i Goncalves, 2008**) i u MAP-u CO₂ redukuje rast nekih bakterija (*Pseudomonas* i *Shewanella*) a neke bakterije su tolerantne (*Photobacterium Phosphoreum*).

CO₂ se kombinuje sa gasom puniocem (azot) kojim se stabilizuje pakovanje. Zbog toga što se CO₂ rastvara u mesu i u ribi, upotreba samo CO₂ uzrokuje deformacije i skupljanje pakovanja (**Gill, 1988**). Sa druge strane povećanje zapremine pakovanja rezultira povećanjem troškova pakovanja, transporta itd. Vakuum ima manji volumen ali je manje efikasan u sprečavanju kvara. Organske kiseline kao što je poznato poseduju antimikrobne osobine i njihova primena u konzervisanju hrane se intenzivno izučava (**Juneja i Thippareddi, 2004; Nakai i Siebert, 2003; Theron i Lues, 2007**). Saopštava se da nedisosovani oblici kiselina imaju značajnu antimikrobnu aktivnost (**Brul i Cotte, 1999**). Istraživanja ukazuju da se sirćetna i limunska kiselina kao i njihove soli koriste za inhibiciju rasta bakterija i da se koriste u procesu mariniranja (**Manjy i sar., 2007; Sallam, 2007; Sallam, 2008**).

Kombinacija organskih kiselina i pakovanja u atmosferi sa CO₂ u potpunosti ihbibira rast bakterija ako je njihov broj 10³ CFU/g kod lososa za četrnaest dana. Nasuprot tome u vakuum pakovanju bez organskih kiselina broj bakterija je za četiri dana narastao kod lososa na 10⁸ CFU/g (Schirmer i sar., 2009). Do sličnih rezultata došli su i drugi autori (Hansen, 2008; Mendes i Goncalves, 2008; Manjy i sar., 2007, Sallam, 2007; Sallam, 2008). Upotreba istovremeno MAP-a i organskih kiselina sa CO₂ ima bolji efekat nego upotreba samo organskih kiselina ili samo pakovanje u MAP-u sa CO₂. Ovo je potvrđeno i našim ispitivanjima (grafikoni 5.1-5.5). Sirćetna kiselina ima bolji antibakterijski efekat od limunske kiseline a kombinacija ove dve kiseline ima bolji efekat od pojedinačnog delovanja jedne od ovih kiselina. Nije međutim zapažen značajno bolji efekat ako se kombinuju ove dve kiseline i pakovanje sa CO₂. Ovi rezultati potvrđeni su ne samo bakteriološkim analizama već i senzornom analizom.

Uopšteno, sirćetna kiselina pokazuje veći antibakterijski efekat nego limunska kiselina, sličnih koncentracija (molarni ekvivalent 3% limunske kiseline i 1% sirćetne kiseline su 0,16 M i 0,17 M). Utvrđeno je da organske kiseline imaju veći efekat kada se nalaze u nedisosovanom obliku. Zbog toga što nedisovani oblici kiselina imaju bolju mogućnost prolaska kroz ćelijsku membranu, disosuju unutar ćelije i zakiseljavaju citoplazmu (Brul i Coote, 1999).

6.3 Fizičko hemijska i hemijska ispitivanja

6.3.1 Vrednosti pH

U našim ispitivanjima pH mariniranih uzoraka bio je 5,70 i u toku skladištenja je dalje lagano opadao. Upotreba organskih kiselina i MAP-a sa CO₂ inhibiše sve bakterijske grupe pa i patogene bakterije što je od posebnog značaja za bezbednost ribe.

Kvalitet ribe kao sirovine za preradu podrazumeva njenu svežinu, zadovoljavajući mikrobiološki status i fizičke osobine i od njih u velikoj meri zavisi kvalitet gotovog proizvoda. Kod marinirane ribe pH vrednost ribe obično nije iznad 4,8 a nemariniranih uzoraka je nešto iznad 6. Ako je pH 4,8 ili niži u toku skladištenja pH blago raste što zavisi od dužine i uslova (npr. temperature). Povećanje pH vrednosti posledica je stvaranja baznih komponenti kao što su amonijak dimetilamin, trimetilamin kao i drugi biogeni amini kao rezultat bakterijske aktivnosti (Goulas i Kontominas, 2007).

Na početku skladištenja pH vrednost soljenih uzoraka bila je 6,14 a mariniranih 5,06 odnosno 5,09. U toku skladištenja najizrazitiji pad pH vrednosti bio je kod uzoraka koji su soljeni i pakovani u vakuum a zatim kod soljenih uzoraka pakovanih u MAP. Na kraju ispitivanja, 50. dana, kod mariniranih uzoraka pH vrednost je bila ispod 4,50. U toku skladištenja (**Duyar i Eke, 2009**) kod marinirane tune i sardine beleže pH vrednosti od 6,18 (nulti dan) do 4,20 (170. dan) kod tune, odnosno od 6,04 (nulti dan) do 4,59 (170. dan) kod sardine. Smanjenje je statistički značajno.

I drugi autori su zabeležili promenu (pad) pH vrednosti (**ElMarrakchi i sar., 1990; Varllik, 1994, Gokoglu i sar., 1998; Poligne i Colligman, 2000; Aksu i sar., 1997**).

Kod pakovanja u MAP-u dolazi do smanjenja pH vrednosti što zavisi, pre svega, od količine CO₂ u pakovanju. Smanjenje pH vrednosti može da ima dva uzroka, od kojih je jedan rastvaranje CO₂ u mesu ribe i stvaranje veće količine ugljene kiseline i smanjenje količine stvaranja baznih komponenata, kao rezultat konzervišućeg efekta CO₂ (**Siverstik i sar., 2002**). **Gunsen i sar.** (2011) su utvrdili da se sa dužinom skladištenja pH statistički značajno smanjuje kod mariniranih i pakovanih u MAP uzoraka sardine. U toku skladištenja pH vrednost uvek raste ako riba nije tretirana (marinirana, soljena). Vrednost pH se ne uzima uvek kao pokazatelj kvara ribe. To je potvrđeno uporednim hemijskim i senzornim analizama (**Vrallik, 1993**). Mariniranjem sardina njena pH vrednost može da se smanji na 4,23 a da se tokom daljeg skladištenja i dalje smanjuje (pH 4,11). To je posledica povećanja sadržaja sirćetne kiseline u mesu sardine. Kontakt marinade i mesa ribe omogućava povećanje sirćetne kiseline i soli u mesu ribe sve do uspostavljanja ravnoteže između njihovog sadržaja u marinadi u ribi (**Cabrer i sar., 2002**).

6.3.2 Sadržaj ukupnog isparljivog azota

Sadržaj ukupnog isparljivog azota (TVB-N) je pokazatelj kvaliteta sveže ribe i njegovo povećanje u mesu ribe rezultat je metaboličke aktivnosti bakterija i endogenih amina (**Connell, 1990; Gunsen, 2011**).

Sadržaj ukupnog isparljivog azota prema rezultatima ispitivanja zavisi od postupka sa ribom (soljenje i mariniranje) i načina pakovanja (vakuum i MAP). Utvrđeno je da je sadržaj ukupnog isparljivog azota uvek veći kod uzoraka koji su soljeni u odnosu na one koji su marinirani kao i kod uzoraka upakovanih u vakuum u odnosu na one upakovane u MAP. Na kraju ispitivanja,

samo kod uzoraka koji su soljeni a upakovani u vakuum sadržaj ukupnog isparljivog azota ($38,49 \pm 0,38$ mg/100g) bio je iznad 35 mg/100g, što je gornja granica prihvatljivosti. U svim ostalim slučajevima sadržaj ukupnog isparljivog azota bio je ispod granične vrednosti (grafikon 5.7).

TVB-N kao pokazatelj kvara ribe zbog prisustva bakterijskih i endogenih enzima koristi se za kontrolu kvaliteta brojnih vrsta riba (**Ozogul i sar., 2005**). TVB-N uključuje određivanje TMA, DMA, amonijaka i druge bazne azotne komponente značajnih za kvar ribe (**Papadopoulus i sar., 2003; Tejada i Huidobro, 2002; Ozogul i sar., 2006; Ozyurt i sar., 2007**). **Ozogul i sar.** (2009) su utvrdili da u toku skladištenja marinirane ribe (*Tinca tinca*) dolazi do povećanja i smanjenja TVB-N pa se njegov sadržaj ne može uzeti kao pouzdan pokazatelj svežine ribe. Upotreba sirćetne i limunske kiseline kao i soli dovodi do smanjenja sadržaja TVB-N (**Kilnic i Carli, 2004, 2005; Cadun i sar., 2005**). TVB-N se uzima za određivanje nivoa kvara ribe u toku skladištenja. Brojne studije ukazuju da sadržaj TVB-N može da ima različite nivoe u mesu ribe (u zavisnosti od vrste ribe) već na početku skladištenja i da može da se menja tokom skladištenja što zavisi najvećim delom od prisutne mikroflore ali i analitičkih postupaka (**Kilnic i Carli, 2004**). Sadržaj TVB-N zavisi od vrste ribe, sezone ulova i područja ulova, starosti i pola ribe. Sadržaj TVB-N veći od 35 mg/100 g se uzima kao gornja granica prihvatljivosti iznad koga riba nije upotrebljiva za ishranu ljudi. Kod sveže ribe sadržaj TVB-N je najčešće oko 10 mg/100 g. Pri mariniranju sadržaj TVB-N može da se smanji usled delovanja kiselina i soli koje oslobađaju azotne komponente iz ribe i prelaze u marinadu.

Duyar i Eke (2009) beleže porast sadržaja TVB-N ali čak i 170 dana vrednosti su bile niže od preporučenih 35 mg/100 g (CO95149/EC 1995), odnosno bila je 17,63 mg/100 g. Za rečnu ribu limit je 25 mg/100 g i njega prepuručuju (**Gimenez i sar., 2002**). Autori smatraju da TVB-N nije dobar pokazatelj svežine ribe. Slične promene sadržaja TVB-N zabeležili su drugi autori (**Gokoglu i sar., 2004; Kilnic i Carli 2005, Goulas i Kontonimas 2005, Karacam i sar., 2002**). Sadržaj TVB-N iznad 35 mg/100g je granica prihvatljivosti za konzumnu ribu (**Ludorff i Mayer, 1973; Schormuller, 1968**). Kod morske ribe TVB-N od 15 do 20 mg/100g ukazuje na dobar kvalitet, a iznad 50mg/100g na ribu koja nije prihvatljiva (**Connell, 1980**). U nekim zemljama riba za preradu ne sme da sadrži više od 28mg/100g TVB-N (**Gunsen, 2011**). **Gunsen i sar.** (2011) su kod marinirane sardine utvrdili povećanje TVB-N u toku skladištenja. Do sličnih

rezultata došli su **Aksu i sar.** (1997), **Cascado i sar.** (2005), **Olgunoglu** (2007) **Metin i sar.** (2002).

6.3.3 Sadržaj malondialdehida

Malondialdehid je pokazatelj promena na mastima i koristi se kao objektivna ocena užeglosti. Veći sadržaj malondialdehida očekuje se kod namirnica sa visokim sadržajem nezasićenih naročito, polinezasićenih masnih kiselina, kao što je to riba (**Baltić i Teodorović, 1997**). Naša ispitivanja pokazuju da u toku skladištenja soljene odnosno marinirane skuše dolazi do povećanja sadržaja malondialdehida (grafikon 5.8). Postupak sa ribom, soljenja (mariniranje) i način pakovanja ne pokazuju značajniji efekat na sadržaj malondialdehida. Kod sve četiri grupe sadržaj malondialdehida bio je manji od polovine granične vrednosti (5 mg/kg).

U vakuum pakovanjima sadržaj malondialdehida raste brže nego kod uzoraka pakovanih u MAP. U toku skladištenja dolazi do povećanja sadržaja TBA vrednosti. Ako je sadržaj TBA manji od 3 mg malondialdehida u mesu ribe riba je dobrog kvaliteta. TBA vrednost ne bi trebala da bude veća od 5 mg malondialdehida/kg. Granica prihvatljivosti je 7 do 8 mg malondialdehida/kg (**Schormuller, 1969**). **Tarladgis i sar.** (1960) saopštavaju da se užeglost zapaža kada je TBA vrednost iznad 4 mg malondialdehida/kg. **Gunsen i sar.** (2011) su utvrdili da na povećanje sadržaja malondialdehida nema uticaja količina CO₂ u pakovanju. Većina autora smatra da je povećanje sadržaja malondialdehida u korelaciji sa senzornom ocenom ribe, odnosno da se senzorna ocena ribe smanjuje sa povećanjem sadržaja malondialdehida (**Gunsen i sar., 2011; Barnett i Nelson, 1995; Ramanathan i Das, 1992**).

Visok sadržaj polinezasićenih masnih kiselina kojima je riba bogata može rezultirati oksidacijom masti što zavisi od užeglog mirisa i ukusa, promena tekstrure, boje i nutritivne vrednosti (**Olafsdottir i sar., 1997**). TBA se uzima kao indikator kvaliteta ribe bez obzira da li je zamrznuta, ohlađena ili čuvana na ledu. Preporuka je da vrednost TBA ne bude iznad 5 mg malondialdehida/ kg mada riba može da se koristi i kada je sadržaj malondialdehida 8 mg/kg (Schormuller, 1969). **Duyar i Eke** (2009) su utvrdili da kod marinirane tune i sardine do 70. dana ne dostiže kritičnu granicu. Slični su rezultati (**Yapar 1998, Kilinc i Cakli 2005, Sallam 2007**) **Duyar i Eke** (2009) su koristili marinadu od 10%NaCl i 4% sirćetne kiseline.

6.3.4 Sadržaj histamina

Skuša je riba iz porodice skombroida koja se najčešće vezuje za prisustvo histamina. Otuda je trovanje histaminom poznato i kao skombroidno trovanje. Histamin je niskomolekularni amin koji nastaje direktno ili indirektno dekarboksilacijom slobodne amino kiseline histidina u prisustvu specifičnog enzima histidin- dekarboksilaze. Ovaj amin se normalno nalazi u organizmu ljudi i životinja i ima izrazito farmakološko delovanje kao medijator, odnosno tkivni hormon. Međutim, histamin nastaje i u mesu posle smrti životinja, manjim delom pod uticajem tkivnih enzima, a većim delom kao posledica delovanja enzima prisutne mikroflore. Veliki broj mikroorganizama ima sposobnost da stvara histamin, ali jedan broj mikroorganizama ima isto tako sposobnost da ga razgrađuje što u principu znači da je krajnja količina histamina odgređena dominantnom reakcijom. Vrste i broj mikroorganizama nemaju presudan značaj za stvaranje histamina, već je mnogo važniji soj unutar vrste, kao i njegova zastupljenost u mešanoj mikroflori, koji intenzivno dekarboksilišu amino kiseline (**Baltić i Teodorović, 1997**).

Sadržaj histamina rastao je od početka skladištenja u soljenoj i mariniranoj ribi pakovanoj u vakuum, odnosno MAP. Intenzivniji porast zabeležen je kod uzoraka koji su samo soljeni i koji su pakovani u vakuum. Porast sadržaja histamina kod uzoraka koji su marinirani i pakovani u MAP bio je najmanje izražen (grafikon 5.9).

Utvrđivanje prisustva biogenih amina u hrani je pokazatelj kvara hrane a uslovljen je prisustvom, odnosno dostupnošću slobodnih amino kiselina, prisustva bakterija koje stvaraju dekarboksilazu i uslova pogodnih za rast bakterija (**Halasz i sar., 1994**). **Kilini i Cakli (2005)** saopštavaju da se sadržaj histamina povećava kod mariniranih sardina od 10,21 mg/kg do 22,08 mg/kg do kraja procesa skladištenja (šest meseci).

Biogeni amini i poliamini su utvrđeni u različitoj hrani kao što je o riba, meso, sir, povrće i vino. Opisani su kao organske baze sa alifatičnom, aromatičnom i heterocikličnom strukturom (**Lornezo i sar., 2007**). Biogeni amini se formiraju u toku dekarboksilacija amino kiselina. Proces je zavisen od specifičnih bakterijskih vrsta a količina stvorenih biogenih amina zavisi od nivoa aktivnosti dekarboksilaza i dostupnosti amino kiselina (**Rivas i sar., 2008**). Histaminoličičke bakterije mogu da uspostave ravnotežu između produkcije histamina i hrane koja je pokvarena i sadrži velike količine histamina (**Lenistea, 1971**). Najčešće se u hrani nalaze

sledeći biogeni amini: histamin, tiramin, kadaverin, dvafeniletilamin, spermin, spermidin, putrescin, triptamin i agmatin. Oktopamin i dopamin su dokazani u mesu ribe. Poliamini kao što su putrescin, kadaverin, agmatin, spermin i spermidin su prirodno prisutni u hrani i uključeni su u rast i proliferaciju ćelija (**Kalac, 2009; Kim i sar., 2009**). Ovi amini u prisustvu nitrita mogu da budu potencijalno kancerogeni kada prelaze u nitrozamine (**Kim i sar., 2009**). Nitrozamini iz poliamida ne predstavljaju rizik po zdravlje ljudi osim ako se unose u velikim količinama (**Kalac, 2009**). Aromatični biogeni amini tiramin i dvafeniletilamin su identifikovani kao uzročnici migrena i hipertenzivne krize (**Stratton i sar., 1991**). Tiramin, feniletilamin i putrescin deluju na krvne sudove i mogu da uzrokuju hipertenziju što može da uzrokuje srčane tegobe ili krvarenja u mozgu (**Kalac, 2009; Mohan i sar., 2009**).

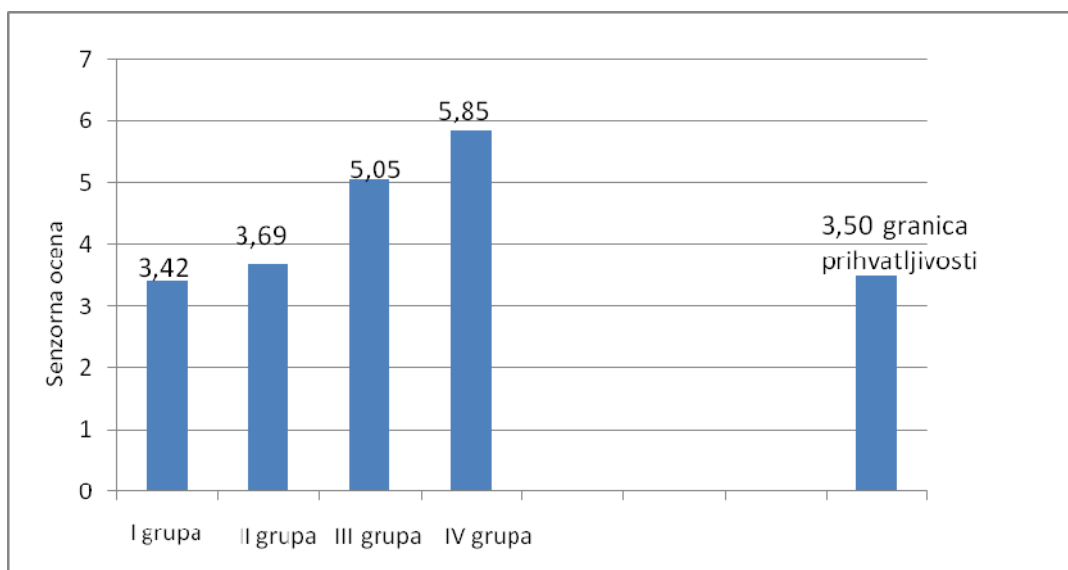
Trovanje histaminom (skombroidna trovanja) su problem u celom svetu kada se konzumira hrana koja sadrži biogene amine posebno histamin u količini većoj od 500 ppm (**Gonzaga i sar., 2009**). Histaminska trovanja manifestuju se alergijskim tipom reakcije koje karakteriše teškoćama u disanju, crvenilom lica, osipom, mučninom, povraćanjem, povećanje temperature i povećanjem pritiska. Čovek ima urođeni nedostatak mogućnosti detoksikacije biogenih amina (genetski) a to može da bude uzrokovana i upotrebom antidepresiva (**Yongmei isar., 2009**). Male količine histamina ne uzrokuju trovanja ali u prisustvu drugih biogenih amina kao što su putrescin i kadaverin u koncentracijama pet puta višim od histamina povećavaju njegovu toksičnost (**Emborg i Dalgaard, 2009**) jer dolazi do inhibicije histamin oksidacionih enzima. Oralna toksična doza za putrescin, spermin i spermidin je 2000, 600 i 600 ppm respektivno. Akutni toksični nivo za tiramin i kadaverin je iznad 2000 ppm. NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) je 2000 ppm za tiramin, putrescin i kadaverin; 1000 ppm za spermidin i 200 ppm za spermin (**Til sar., 1997**).

Sadržaj histamina povećava se u toku skladištenja, što je izraženije kod uzoraka pakovanih u vakuum, od onih pakovanih u MAP sa CO₂. Veće količine histamina utvrđene su kod uzoraka koji su pakovani sa malim sadržajem CO₂ (**Gunsen i sar., 2011**). Slične rezultate nalazimo i kod drugih autora (**Olgunoglu, 2007, Ozogul i sar., 2002**). CO₂ inhibira rast i aktivnost psihrotrofnih, aerobnih i gram negativnih bakterija koje imaju histamin dekarboksilaznu aktivnost.

6.4 Senzorna analiza

Senzorna analiza je najpopularniji postupak ocene svežine ribe. To je najbrži i najjednostavniji postupak kojim se dobijaju vredne informacije. Senzorna analiza je postupak na osnovu kog potrošača donosi sud o svežini ribe (**Reineccius, 1990**).

Senzorna analiza je najbrži postupak kojim se koristi za utvrđivanje promena (kvara) ribe. Ona rahteva obučenost ocenjivača i dobro poznavanje ribe kao namirnice. U ispitivačke svrhe radi jue ocenjivački tim od najmanje šest ocenjivača pri čemu se koristi neki od testova koji mogu da daju validan rezultat (kvantitativna deskriptivna analiza, Rang test). Za potrebe ovog rada radjeno je samo ocena ukupne prihvatljivosti na skali sa sedam tačaka pri čemu je ocena 7 označavala maksimalnu prihvatljivost, dok je prosečna ocena od 3,50 predstavljala graničnu prihvatljivost (grafikon 6.6). Rezultati ispitivanja pokazuju da su uzorci soljene ribe pakovane u MAP imali ocenu ukupne prihvatljivosti manju od definisane granice prihvatljivosti.



Grafikon 6.6. Senzorna ocena uzoraka skuše 50. dana skladištenja

Kako kiseo ukus može da bude uzrok neprihvatanja ribe, to je definisanje koncentracije kiseline neophodno da se dobije prihvatljiv proizvod. Istovremena upotreba sirćetne i limunske kiseline ima manje nepoželjan efekat na izraženost kiselog mirisa i ukusa ribe. Smanjenje osećaja kiselosti, mirisa i ukusa može da doprinese i način pripreme ribe za konzumiranje. Jedan od najjednostavnijih postupaka je pranje ribe ili kraće ili duže držanje u vodi (sa izmenama vode)

pre toplotne obrade. Poboljšanje ukusa može da doprinese upotreba začina i ulja i drugih dodataka.

Senzorna analiza mariniranih uzoraka (organske kiseline) i pakovanje u MAP sa CO₂ pokazuje da ovakav postupak nema negativan efekat na senzorne osobine. Razume se da vreme skladištenja uzoraka može da utiče na pojavu mane mirisa. Za marinirane uzorke je karakteristično da imaju kiseo miris i ukus a izraženost kiselosti zavisi od koncentracije upotrebljene kiseline. Ima mišljenja da kiseline maskiraju miris i ukus na sumpor (sulfid) i užegao ukus ali hemijske analize ukazuju da to nije slučaj (**Schirmer, 2009**).

7. ZAKLJUČCI

Na osnovu izvršenih ispitivanja i dobijenih rezultata zaključeno je sledeće:

1. Soljenje, a posebno mariniranje, značajno utiče na promenu hemijskog sastava mesa ribe, budući da dolazi do značajnog smanjenja sadržaja vode, povećanja sadržaja masti i povećanja sadržaja pepela. Ovi postupci utiču i na smanjenja a_w vrednosti mesa ribe.
2. U uzorcima marinirane ribe, a posebno u uzorcima ribe pakovane u modifikovanu atmosferu, utvrđen je značajno manji broj svih ispitivanih grupa bakterija u odnosu na uzorke koji su bili tretirani slanim rastvorom i koji su pakovani u vakuumu.
3. Kod svih ispitivanih grupa uzoraka najveći porast zapažen je kod aerobnih mezofilnih bakterija a zatim kod psihrotrofnih bakterija. Povećanje broja enterobakterija bilo je najmanje izraženo kod svih ispitivanih grupa uzoraka. Porast broja enterobakterija je utvrđen do 40. dana a zatim smanjivao do kraja ispitivanja. Značajniji porast bakterija mlečne kiseline i broja anaerobnih bakterija zapažen je od tridesetog do pedesetog dana ispitivanja i bio je približno na istom nivou.
4. Sadržaj ukupnog isparljivog azota bio je značajno veći kod uzoraka koji nisu marinirani i koji su pakovani u vakuumu. Kod ove grupe uzoraka na kraju ispitivanja sadržaj ukupnog isparljivog azota bio je iznad preporučene vrednosti za ovu vrstu ribe.
5. Na povećanje sadržaja malondialdehida uticao je način pripreme ribe kao i način pakovanja. Sadržaj malondialdehida bio je najmanji u uzorcima marinirane ribe pakovane u modifikovanu atmosferu.
6. Vrednost pH mesa ribe bila je od početka ispitivanja znatno manja kod mariniranih uzoraka u odnosu na uzorke koji su tretirani samo slanim rastvorom. Smanjenje pH vrednosti u toku skladištenja bilo je manje izraženo kod mariniranih uzoraka kako onih pakovanih u vakuum tako i onih pakovanih u modifikovanu atmosferu.

7. Sadržaj histamina rastao je u uzorcima svih ispitivanih grupa uzoraka skuše, a bio je najizraženiji u uzorcima soljene skuše pakovane u vakuumu. Na kraju ispitivanja prosečan sadržaj histamina kod svih uzoraka bio je manji od propisanih maksimalno dozvoljnih količina histamina u mesu ribe.

8. Senzorna ocena ukupne prihvatljivosti uzoraka skuše na kraju ispitivanja bila je statistički značajno veća kod uzoraka marinirane ribe, a uzorci soljene ribe pakovane u vakuum imali su na kraju ispitivanja senzornu ocenu ukupne prihvatljivosti manju od zadovoljavajuće.

8. SPISAK LITERATURE

1. Adams, MR. and MO. Moss. 1997. Food Microbiology. Redwood books Ltd. Trowbridge, Wiltshire.
2. Aishath Naila, Steve Flint, Graham Fletcher, Phil Bremer, Gerrit Meerdink, 2010, Control of Biogenic Amines in Food—Existing and Emerging Approaches, Journal of Food Science, 75, 7, 139-150.
3. Aishath Naila, Steve Flint, Graham Fletcher, Phil Bremer, Gerrit Meerdink. , 2010, Control of Biogenic Amines in Food—Existing and Emerging Approaches, Journal of Food Science Volume 75, 7, pages R139–R150.
4. Aksu, H., Erkan, N., Çolak, H., Varlık, C., Gökoğlu, N. and Uğur, M. 1997. Some changes in anchovy marinades during production in different acid-salt concentrations and determination of shelf- life. Yüzüncüyıl Univ., Journal of Faculty of Veterinary Medicine, 8(1-2): 86-90.
5. amines in Chinese soy sauce. Food Control 20(6):593–7.
6. Anon (2008). Federal Agriculture Organization. www.fao.org
7. Anon (2009d). http://www.lipljen.com/udice_istorija.php
8. Anon, (1999). Federal Agriculture Organization, www.fao.org
9. Anon, (2003b). Nutritional aspects of fish, Bord Iascaigh Mhara/Irish Sea Fisheries Board P.O. Box No. 12, Crofton Road, Dun Laoghaire, Co. Dublin. www.bim.ie
10. Arashisar, Ş., Hisar, O. Kaya, M. Yanik, T. (2004). Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *International Journal of Food Microbiology*, 97, 209-214.
11. Aske, L., Birkeland, S., Tobiassen, I, T., Joensen, S., Larsen, R. (2008). Injection-Salting and Cold-Smoking of Farmed Atlantic Cod (*Gadus morhua* L.) and Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) at Different Stages of *Rigor Mortis*: Effect on Physical Properties. *Journal of Food Science*, Vol. 73, 8, 378-382.
12. Baltić, M., Teodorović, V. (1997). Higijena mesa, riba, rakova i školjki, udžbenik, Veterinarski fakultet, Beograd.

13. Baltić, Ž. M., Kilibarda Nataša, Dimitrijević Mirjana (2009a). Činioci od značaja za održivost ribe i odabranih proizvoda od ribe u prometu. *Tehnologija mesa*, 50; 1-2, 166-176.
14. Baltić, Ž., M, Nedić, D., Dragičević, O. (2003). Meso i zdravlje ljudi, Veterinarski žurnal Republike Srpske, 3, 3-4, 131-138.
15. Baltić, Ž., M., Tadić, R., (2001). Proizvodnja i potrošnja mesa riba u svetu i kod nas, *Tehnologija mesa*, 42, 5-6 345-357.
16. Barnett, H.J. and Nelson, R.W. 1991. A comparative study using multiple indices to measure changes in quality of pink and coho salmon during fresh and frozen storage. NOAA Technical Memorandum NMFS F/NWC.
17. Berna Kilinc, Sukran Cakli. 2004, Chemical, microbiological and sensory changes in thawed frozen fillets of sardine (*Sardina pilchardus*) during marination, *Food Chemistry* 88 , 275–280.
18. Bjørn Christian Schirmer, Ragnhild Heiberg, Thomas Eie, Trond Møretrø, Tove Maugesten, Mats Carlehøg, Solveig Langsrud, 2009, A novel packaging method with a dissolving CO2 headspace combined with organic acids prolongs the shelf life of fresh salmon, International Journal of Food Microbiology Volume 133, 1–2, 154–160.
19. Bøknæs, N., Jensen, K.N., Guldager, H.S., Østerberg, C., Nielsen, J., Dalgaard, P. (2002). Thawed chilled barents cod fillets in modified atmosphere packaging - application of multivariate data analysis to select key parameters in good manufacturing practice. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 35, 436-443.
20. Boskou, G., Debevere, J., 1997. Reduction of trimethylamine oxide by *Shewanella* spp. under modified atmospheres in vitro. *Food Microbiology* 14, 543–553.
21. Brody, A. L., & Marsh, K. S. (1997). Modified atmosphere packaging. In A. L. Brody & K. S. Marsh (Eds.), *The Wiley encyclopaedia of packaging technology* (2nd ed., pp. 656–659). New York: Wiley.
22. Brody, A.L. (1989). *Controlled/modified atmosphere/vacuum packaging of foods*. Food & Nutrition Press, Inc. Trumbull, Connecticut 06611, USA.
23. Brul, S., Coote, P., 1999. Preservative agents in foods — mode of action and microbial resistance mechanisms. *International Journal of Food Microbiology* 50, 1–17.

24. Burst, J. R., and Hardy, R. 1992.. Composition and deterioration of pelagic fish. In: Pelagic Fish. Burst, J. R., Hardy, R and Whittle, K. J. (eds.), Fishing New Books, 115-141.
25. Cabrer, A. I., Casales, M. R., & Yeannes, M. I. (2002). Physical and chemical changes in anchovy (*Engraulis anchoita*) flesh during marination. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 11(1), 19–31
26. Cadun A., Cakli S. and Kislá D. (2005). A study of marination of deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*, Lucas, 1846) and its shelf life. *Food Chemistry* 90: 53-59.
27. Cakli, S., Kilinc, B. Dincer, T., Tolasa, S. (2006). Comparison of the shelf life of map and vacuum packaged hot smoked rainbow trout (*Onchoryncus mykiss*). *European Food Research Technology*, 224: 19-26.
28. Cann, D.C., Houston, N.C., Taylor, L.Y., Smith, G.L., Thomson, A.B. & Craig, A. (1984). Studies of Salmonids Packed and Stored Under a Modified Atmosphere. Aberdeen: Torry Research Station.
29. Cardinal, M., Knockaert, C., Torrissen, O., Sigurgisladottir, S., Mórköre, T., Thomassen, M., Vallet, J., L. (2001). Relation of smoking parameters to the yield, colour and sensory quality of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*), *Food Research International*, 34, 537-550.
30. Cascado, S.P.S., Vidal-Carou, M.C., Font, A.M. and Veciana-Nogues, M.T. 2005. Influence of the Freshness Grade of Raw Fish on the Formation of Volatile and Biogenic Amines During the Manufacture and Storage of Vinegar. Marinated Anchovies. *Journal of the Science of Agriculture and Food Chemistry*, 53: 8586- 8592
31. Chytiri, S., Chouliara, I., Savvaidis, I.N., Kontominas, M.G. (2004). Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. *Food Microbiology*. 21, 157–165.
32. Connell, J.J. 1990. Methods of assessing and selecting for quality. In: J.J. Connell (Ed.), *Control of Fish Quality*, Fishing News Boks, Oxford: 122-150.
33. Connor, E.W. (2000). Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71, 171S-175S.

34. Cornforth, D. and Hunt, M (2008). Low-Oxygen Packaging of Fresh Meat with Carbon Monoxide. Meat Quality, Microbiology and safety. *The American Meat Science Association*, White paper series, Number 2.
35. Coyne, F. P. (1933). The effect of carbon dioxide on bacterial growth with special reference to the preservation of fish. Part 11. *Journal of the Indian Chemical Society*, 52, 19T–24T.
36. Cutter, C.N. (2002). Microbial control by packaging: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(2):151-161.
37. Ćirković, M., Jovanović, B., Maletin, S. (2002). Ribarstvo, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
38. Dainelli, D., Gontard, N., Spyropoulos, D., Zondervan-van den Beuken, E., Tobback, P. (2008). Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. *Review in Trends in Food Science & Technology*, 19, S99-S108.
39. Dainty, R. H., & Mackey, B. M. (1992). The relationship between the phenotypic properties of bacteria from chill-stored meat and spoilage processes. Supplement: Society for Applied Bacteriology Symposium Series, 21, 103S–114S.
40. Dalgaard, P. (1995a). The effect of anaerobic conditions and carbon dioxide. In: H.H. Huss (editor), *Quality and Quality Changes in Fresh Fish. FAO Fisheries Technical Paper*, No. 348. FAO, Rome, Italy.
41. Dalgaard, P., 1995. Qualitative and quantitative characterization of spoilage bacteria from packed fish. *International Journal of Food Microbiology* 26, 319–333.
42. Dalgaard, P., Mejlholm, O., Christiansen, T. J., & Huss, H. (1997). Importance of *Photobacterium phosphoreum* in relation to spoilage of MAP fish products. *Letters in Applied Microbiology*, 24, 373–378.
43. Davies, A. R. (1997). Modified atmosphere packaging of fish and fish products. In G. M. M. Hall (Ed.), *Fish processing technology* (2nd ed., pp. 200–223). London, UK: Blackie Academic and Professional.
44. Devliegher, F. and Debevere, J. (2000). Influence of Dissolved Carbon Dioxide on the Growth of Spoilage Bacteria. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, Vol 33, 8, 531-537.

45. Devlieghere, F., Debevere, J., Van Impe, J. (1998). Concentration of carbon dioxide in the water-phase as a parameter to model the effect of a modified atmosphere on microorganisms. *International Journal of Food Microbiology*, 43, 105-113.
46. Dimitrijević Mirjana (2007): Ispitivanje puteva kontaminacije i preživljavanja različitih sojeva *Listeria monocytogenes* u dimljenom mesu riba, *Doktorska disertacija*, Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu
47. Dokuzlu, C. 1997. Determination of shelf-life and the effects of different acid-salt ratio on the microbiological and sensory qualities during the production of marinated anchovy. *Journal of Food Microbiology*, 28: 81-90.
48. El-Marrakch, A., M. Bennour, N. Bouchriti, A. Hamama and H. Tagafatit, 1990. Sensory, chemical and microbiological assessments of *Moroccan sardine (Sardina pilchardus)* stored in ice. *J. Food Prot.*, 53: 600-605.
49. Emborg J, Dalgard P. 2008a. Growth, inactivation and histamine formation of *Morganella psychrotolerans* and *Morganella morganii* – development and evaluation of predictive models. *Int J Food Microbiology*, 128(2), 234-243
50. Erkan, N., Özden, Alakavuk, D.Ü., Yildirim, Ş.Y., İnuğur, M. (2006). Spoilage and shelf life of sardines (*Sardina pilchardus*) packed in modified atmosphere. *European Food Research Technology*, 222: 667-673.
51. Espe, M., Kiessling, A., Lunestat, B., Torrissen, O., Røra, A., B. (2004). Quality of cold smoked salmon collected in one French hypermarket during a period of 1 year, *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* , 37, 627-638.
52. Feeney, R. E. Chemical changes in food proteins. In: *Evaluation of Proteins for Humans*. Bodwell, C. E. (Ed.). Connecticut: The AVI Publishing Company, Inc., 1977. p. 233-251
53. Fellows, P. (2000). *Controlled- or modified-atmosphere storage in Food Processing Technology: Principles and Practice*, Second Edition; Woodhead Publishing Limited.
54. Fernández, K., Aspe, E., Roeckel, M. (2009). Shelf-life extension on fillets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) using natural additives, superchilling and modified atmosphere packaging. *Food Control*, 20, 1036–1042.

55. Frangos, L., Pyrgotou, N., Giatrakou, V., Ntzimani, A., Savvaidis, I.N. (2010) Combined effects of salting, oregano oil and vacuum-packaging on the shelf-life of refrigerated trout fillets. *Food Microbiology*, 27, 115–121.
56. Franzetti, L., Martinoli, S., Piegiovanni, L., Galli, A., 2001. Influence of active packaging on the shelf-life of minimally processed fish products in a modified atmosphere. *Packaging Technology and Science*, 14, 267–274.
57. Fuselli, S.R., Casales, M.R., Fritz, R. and Yeannes, M.I. 1994. Microbiology of the marination process used in anchovy (*Engraulis anchiotia*) production. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 27: 214-218.
58. Gallart-Jornet, L., Barat, J., M., Rustad, T., Erikson, U., Escriche, I., Fito, P. (2007): Influence of brine concentration on Atlantic salmon fillet salting. *Journal of Food Engineering*, 80, 267-275.
59. Gill C.O.1988. The solubility of carbon-dioxide in meat. *Meat Science* 22,65-71.
60. Gimenez, B., P. Roncales and J.A. Beltran, 2002. Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout. *J. Sci. Food Agric.*, 82: 1154-1159.
61. Giuffrida, A., G. Ziino, G. Orlando and A. Panebianco, 2007. Hygienic evaluation of marinated sea bass and challenge test for *Listeria monocytogenes*. *Vet. Res. Commun.*, 31: 369-371.
62. Giuffrida, A., Pennisi, L., Ziino, G., Fortino, L., Valvo, G., Marino, S., Panebianco, A. (2007). Influence of Slaughtering method on some aspects of quality of Gilthead and smoked rainbow trout. *Veterinary Research Communications*, 31, 437-446
63. Gökoğlu, N., Cengiz, E. and Yerlikaya, P. 2004. Determination of shelf-life of marinated sardine (*Sardina pilchardus*) stored at 4°C. *Food Control*, 15: 1-4.
64. Gokoglu, N., O. Ozden and N. Erkan, 1998. Physical, chemical and sensory analyses of freshly harvested sardines (*Sardina pilchardus*) stored at 4°C. *J. Aquatic Food Prod. Technol.*, 7: 5-15.
65. Gonzaga VE, Lescano AG, Huaman AA, Salmn-Mulanovich G, Blazes DL. 2009. Histamine levels in fish from markets in Lima, Peru, *J Food Prot* 72:1112-5.
66. Goulas, A. and Kontominas, M.G. 2006. Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on the shelf-life of refrigerated chub mackerel (*Scomber japonicus*):

- biochemical and sensory attributes. *European Food Research and Technology*. doi 10.1007/s 00217-006-0316-y.
67. Goulas, A. E., Chouliara, I., Nessi, E., Kontominas, M. G., & Savvaidis, I. N. (2005). Microbiological, biochemical and sensory assessment of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) stored under modified atmosphere packaging. *Journal Applied Microbiology*, 98, 752–760.
 68. Goulas, A.E. (2008). Combined effect of chill storage and modified atmosphere packaging on mussels (*Mytilus galloprovincialis*) preservation. *Packaging technology and science*, 21, 247-255.
 69. Goulas, A.E. and Kontominas, M.G. (2005). Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*, 93, 3, 511-520.
 70. Goulas, A.E. and M.G. Kontominas, 2005. Effect of salting and Smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicas*): Biochemical and sensory attributes. *Food Chem.*, 93: 511-520.
 71. Gram, L. and H. H. Huss. 2000. Fresh and processed fish and shellfish. (In “the microbiological safety and quality of food”. Lund, B. M., T. C. Baird- Parker and G. W. Gould. Eds). An Aspen publication, Inc. Gaithersburg, Maryland. 472-506.
 72. Gram, L., Dalgaard, P., 2002. Fish spoilage bacteria — problems and solutions. *Current Opinion in Biotechnology* 13, 262–266.
 73. Gram, L., Ravn, L., Rasch, M., Bruhn, J.B., Christensen, A.B., Givskov, M., 2002. Food spoilage — interactions between food spoilage bacteria. *International Journal of Food Microbiology* 78, 79–97.
 74. Gudbjornsdottir, B., Jonsson, A., Hafsteinsson, H., Heinz, V. (2010). Effect of high pressure processing on *Listeria spp.* and on the textural and microstructural properties of cold smoked salmon. *Food Science and Technology*, 43, 366–374.
 75. Günşen Uğur, Özcan Ali, Aydın Ali, 2011, Determination of Some Quality Criteria of Cold Stored Marinated Anchovy under Vacuum and Modified Atmosphere Conditions, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 11: 233-242.

76. Halasz A., Barath A., Simon-Sarkadi L. and Holzapfel W. (1994). Biogenic amines and their production by micro-organisms in food. Review. Trends in Food Science and Technology 5: 42-49.
77. Hansen, A.A., 2008. Reduced headspace volume of modified atmosphere packaged fresh salmon (*Salmo salar* L.) and cod (*Gadus morhua* L.) by use of a carbon dioxide emitter. PhD Thesis, Norwegian University of Life Sciences, Ås, Norway.
78. Hunkar Avni Duyar, Esra Eke, 2009, Production and Quality determination of marinade from different fish Species, Journal of Animal and Veterinary Advances, 8, 2, 270-275.
79. Huss, H.,H. (1995a). Quality and quality changes in fresh fish. *FAO Fisheries Technical Paper*, 348, Roma.
80. Huss, H.H. (1988). Fresh fish quality and quality changes. FAO Fisheries Series, .29.
81. Huss,H., H., Ben Embarek, P.K, Jeppesen, V.F. (1995b). Control of biological hazards in cold smoked salmon production. *Food Control*, 6, 335-340.
82. Jay, J.,M., Loessner, M.J., Golden, D.A. (2005b). Food protection with modified atmosfers, Chapter 14 in Modern food microbiology, Springer US.
83. Jay, J.M., 2000. Modern Food Microbiology. 6th Edn., Springer-Verlag, New York.
84. Jay, J.M., Loessner M. J., Golden, D.A. (2005a). Processed Meats and Seafoods, Chapter 5 in Modern Food Micobiology, Springer US.
85. Jittinandana, S., Kenney, P.B., Slider, S.D., Kiser, R.A. (2002). Effect of brine concentration and brining time on quality of smoked rainbow trout fillets. *Journal of food scinece*, 67, 6, 2095-2099.
86. Juneja, V.K., Thippareddi, H., 2004. Inhibitory effects of organic acid salts on growth of *Clostridium perfringens* from spore inocula during chilling of marinated ground Food Microbiol 128(2):234–43.
87. Kalac P. 2009. Recent advances in the research on biological roles of dietary polyamines in man foods: a review. *J Food Prot* 54(6):460–70
88. Kang X.J, Leaf A. (2000). Prevetion of fatal cardiac arrhzhthmias by polyunsaturated fatty acids, *American Journal of Clinical Nutrition*, 71 (suppl): 202S-7S.
89. Karabasil, N., Dimitrijević, M., Teodorović, V., Kilibarda, N., Baltić, Ž.,M. (2005). Najčešće bakterijske kontaminacije mesa riba. *Zbornik predavanja*, II Međunarodna konferencija “Ribarstvo”, Poljoprivredni fakultet, Beograd.

90. Karacam, H., S. Kutlu and S. Kose, 2002. Effect of salt concentrations and temperature on the quality and shelf life of brined anchovies. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 37: 19-28.
91. Kennedy, J., Jackson, V., Blair, I.S., McDowell, D.A., Cowan, C. & Bolton, D.J. (2005). Food safety knowledge of consumers and the microbiological and temperature status of their refrigerators. *Journal of Food Protection*, 68, 1421-1430.
92. Kerry, J.P., O'Grady, M.N., Hogan, S.A. (2006). Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: *Meat Science*, 74, 113-130.
93. Kilibarda Nataša 2006, Uticaj zamrzavanja na odabrane parametre kvaliteta dimljene pastrmke, Magistarska teza, Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine, 1-115.
94. Kilibarda Nataša, Baltić, Ž. M., Teodorović, V., Dimitrijević Mirjana, Karabasil, N. (2008). Tama i sjaj ribarstva kao izvora hrane na početku 21. veka. 20. Savetovanje veterinara Srbije, Zlatibor. *Zbornik radova i kratkih sadržaja*, str. 34-49.
95. Kilinc B. and Cakli S. (2004). Chemical, microbiological and sensory changes in thawed frozen fillets of sardine (*Sardina pilchardus*) during marination. *Food Chemistry* 88: 275-280.
96. Kilinc B. and Cakli S. (2005a). Chemical, enzymatical and textural changes during marination and storage period of sardine (*Sardina pilchardus*) marinades. *European Food Research and Technology* 221: 821-827.
97. Kilinc, B. and S. Cakli, 2005. Determination of the shelf-life of sardine (*Sardina pilchardus*) marinades bacterial isolation in canned anchovies recalled by the USFDA. *J. Food Sci.*, 69: 157-162.
98. Kilinc, B., S. Cakli, S. Tolasa and T. Dincer, 2004. Chemical, microbiological and sensory changes associated with fish sauce processing. *Food Chem.*, 88: 275-280.
99. Kim MK, Mah JH, Hwang HJ. 2009. Biogenic amine formation and bacterial contribution in
100. Kolakowski, E.; Bednarczyk, B. 2002, Physical and sensory changes in headed and gutted baltic herring during immersed salting in brine with the addition of acetic acid. Part 1. Weight losses, color of flesh and its sensory properties. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 5, 2, 1-14.

101. Kolodziejska, I., Niecikowska, C., Januszewska, E., Sikorski, Z.,E. (2002): The Microbial and Sensory Quality of Mackerel Hot Smoked in Mild Conditions. *Lebensm.-Wiss. u Technol.*, 35, 87-92.
102. Kremer, J.M., (2000). n-3 Fatty acid supplements in rheumatoid arthritis American Journal of Clinical Nutrition, 71, 349S-351S.
103. Lambooij, E., Kloosterboer, R., J., Gerritzen, M., A., van de Vis, J., V. (2004). Head-only electrical stunning and bleeding of African catfish (*Clarias gariepinus*): assessment of loss of consciousness. *Animal Welfare*, 13, 71-76.
104. Laursen, B.G., Bay, L., Cleenwerck, I., Vancanneyt, M., Swings, J., Dalgaard, P., Leisner, J.J., 2005. Carnobacterium divergens and Carnobacterium maltaromaticum as spoilers or protective cultures in meat and seafood: phenotypic and genotypic characterization. *Systematic and Applied Microbiology* 28, 151–164.
105. Lenistea C. 1971. Bacterial production and destruction of histamine in foods, and food poisoning levels in fish from markets in Lima, Peru. *J Food Prot.* 72:1112–5.
106. Leroi, F., Joffraud, J.J., Chevalier, F. (2000). Effect of salt and smoke on the microbiological quality of cold smoked salmon during storage at 5 C as estimated by the factorial design method. *Journal of food protection*, 63, 4, 502-508.
107. Limbo, S., Torri, L., Sinelli, N., Franzetti, L., Casiraghi, E. (2010). Evaluation and predictive modelling of shelf life of minced beef stored in high-oxygen modified atmosphere packaging at different temperatures. *Meat Science*, 84, 129-136.
108. Liston, J. (1980). Microbiology in fishery science. In: Connell, J.J. (ed.) *Advances in fishery science and technology*, Fishing News Books Ltd., Farnham, England, 138-157.
109. Lopez-Caballero, M. E., Goncalves, A., & Nunes, M. L. (2002). Effect of CO₂/O₂-containing modified atmospheres on packed deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*). *European Food Research and Technology*, 214, 192–197.
110. Lorenzo JM, Martinez S, Franco I, Carballo J. 2007. Biogenic amine content during the manufacture of dry-cured lacon, a Spanish traditional meat product: Effect of some additives. *Meat* ´
111. Ludorff, W. and Meyer, V. 1973. *Fische und fischerzeugnisse*. Paul Parey Verlag, Hamburg-Berlin, 309 pp.

112. Lyhs, U., Lahtinen, J., Schelvis-Smit, R. (2007). Microbiological quality of maatjes herring stored in air and under modified atmosphere at 4° C and 10 °C. *Food Microbiology*, 24, 508–516.
113. Manju, S., Jose, L., Gopal, T.K.S., Ravishankar, C.N., Lalitha, K.V., 2007. Effects of sodium acetate dip treatment and vacuum-packaging on chemical, microbiological, textural and sensory changes of Pearlsplit (Etroplus suratensis) during chill storage. *Food Chemistry* 102, 27–35.
114. Margaris, N.S. and Arvanitis, F.1996 : Visages de mer et de terre. *Mediterranee*, 5, 38-43.
115. Masniyom,P., Benjakul, S., Visessanguan, W. (2002). Shelf-life extension of refrigerated seabass slices under modified atmosphere packaging. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 873-880.
116. Mason, Pamela (2000). Fish oils- an update, *The Pharmaceutical Journal*, 265, 720-724.
117. McMillin, K.,W. (2008). Where is MAP going? A review and future potential of modified atmosphere packaging hor meat. *Meat Science*, 80, 43-65.
118. Mendes, R., Goncalves, A., 2008. Effect of soluble CO2 stabilisation and vacuum packaging in the shelf life of farmed sae bream and sea bass fillets. *International Journal of Food Science and Technology* 43, 1678-1687.
119. Metin, S., Erkan, N., Baygar, T. and Özden, Ö. 2002.Modified atmosphere packaging of fish salad. *Fisheries Science*, 68: 204-209.
120. Milanović, M., (2000). Makroekonomski aspekti ribarstva i nova agrarna politika SR Jugoslavije. *Savremeno ribarstvo Jugoslavije (Monografija)*. IV Jugoslovenski simpozijum “Ribarstvo Jugoslavije”, Vršac, 213-223.
121. Mitrović-Tutundžić, Vera, Baltić, M., (2000). Stanje slatkovodnog ribarstva u svetu i kod nas i trendovi razvoja. *Savremeno ribarstvo Jugoslavije (Monografija)*. IV Jugoslovenski simpozijum “Ribarstvo Jugoslavije”, Vršac, 1-9.
122. Mitsuda, H., Nakajima, K., Mizuno, H., Kawai, F. (1980). Use of sodium chloride solution and carbon dioxide for extending shelf-life of fish fillets. *Journal of food science*, 45:661-666.

123. Mohan CO, Ravishankar CN, Gopal TKS, Kumar KA, Lalitha KV. 2009. Biogenic amines
124. Mullan, W.M.A. (2002). Science and technology of modified atmosphere packaging. [On-line] UK: Available <http://www.dairyscience.info/index.php/packaging-117-modified-atmosphere-packaging.html>
125. Muratore, G. and Licciardello, F. (2005). Effect of Vacuum and Modified Atmosphere Packaging on the Shelf-life of Liquid-smoked Swordfish (*Xiphias gladius*) Slices. *Journal of Food Science*, Vol. 70, Nr. 5, 359-363.
126. Nakai, S.A., Siebert, K.J., 2003. Validation of bacterial growth inhibition models based on molecular properties of organic acids. *International Journal of Food Microbiology* 86, 249–255.
127. Olafsdottir, G., E. Martinsdottir, J. Oehlenschlager, P. Dalgaard and B. Jensen *et al.*, 1997. Methods to evaluate fish freshness in research and industry. *Trends Food Sci. Technol.*, 8: 258-265.
128. Olgunoğlu, I.A. 2007. Sensory, chemical and microbiological changes of marinated anchovy (*Engraulis engrasicholus* L.1758). PhD thesis. Adana: University of Çukurova, Department of Fisheries, Institute of Natural and Applied Sciences.
129. Olsen, S., H., Sorensen, N., K., Stormo, S., K., Elvevoll, E., O. (2006). Effects of slaughter methods on blood spotting and residual blood in fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 268, 462-469.
130. Ozogul Y., Ozogul F., Kuley E., Ozkutuk A.S., Gokbulut C. and Kose S. (2006). Biochemical, sensory and microbiological attributes of wild turbot (*Scophthalmus maximus*), from the Black Sea, during chilled storage. *Food Chemistry* 99: 752-758.
131. Ozogul Y., Ozyurt G., Ozogul F., Kuley E. and Polat A. (2005). Freshness assessment of European eel (*Anguilla anguilla*) by sensory, chemical and microbiological methods. *Food Chemistry* 92:745-751.
132. Özogul, F., Özogul, Y. (2006). Biogenic amine content and biogenic amine quality indices sardines (*Sardina pilchardus*) stored in modified atmosphere packaging and vacuum packaging. *Food chemistry*, 99, 574-578.

133. Ozogul, F., Polat, A., & Ozogul, Y. (2004). The effect of modified atmosphere packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*). *Food Chemistry*, 85, 49–57.
134. Özogul, F., Polat, A., Özogul, Y. (2004). The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*). *Food Chemistry*, 85, 49-57.
135. Özoğul, F., Taylor, K.D.A., Quantick, T.P. and Özoğul, Y. 2002. Changes in biogenic amines in herring stored under modified atmosphere and vacuum pack. *Journal of Food Science*, 67: 2497-2501.
136. Ozyurt G., Ozogul Y., Ozyurt E.C., Polat A., Ozogul F., Gokbulut C., Ersoy B. and Kuley E. (2007). Determination of the quality parameters of pike perch *Sander lucioperca* caught by gillnet, longline and harpoon in Turkey. *Fisheries Science* 73: 412-420.
137. Pacquit, A., Frisby, J., Diamond, D., Tong Lau, K., Farrell, A., Quilty, B., Diamond, D. (2007). Development of a smart packaging for the monitoring of fish spoilage. *Food Chemistry*, 102, 466–470.
138. Pantazi, D., Papavergou, A., Pournis, N., Kontominas, M.G., Savvaidis, I.N. (2008). Shelf-life of chilled fresh Mediterranean swordfish (*Xiphias gladius*) stored under various packaging conditions: Microbiological, biochemical and sensory attributes. *Food Microbiology*, 25, 136-143.
139. Papadopoulos V., Chouliara I., Badeka A., Savvaidid I.N. and Kontominas M.G. (2003). Effect of gutting on microbiological, chemical and sensory properties of aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Food Microbiology* 20: 411-420.
140. Papkovsky, D.B. (2006). Sensors for food safety and security. Baldini et al. (eds). Chapter 24, *Optical Chemical Sensors*, Springer, 501-514 .
141. Pastoriza, L., Sampedro, G., Hherrera, J. J., & Cabo, M. L. (1996). Effect of carbon dioxide atmosphere on microbial growth and quality of Salmon slices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 72, 348–352.
142. Patsias, A., Chouliara, I., Badeka, A., Savvaidis, I.N., Kontominas, M.G. (2006). Shelf-life of a chilled precooked chicken product stored in air and under modified

- atmospheres: microbiological, chemical, sensory attributes. *Food Microbiology*, 23, 423–429.
143. Poligne I. and Collignan A. (2000). Quick marination of anchovies (*Engraulis encrasicolus*) using acetic and gluconic acids. Quality and stability of the end product. *Lebensmittel Wissenschaft Technology* 33: 202-209.
 144. Potter, N. N and J. H. Hotchkiss. 1995. Food science. 5th edition. Chapman and Hall. New York.
 145. Radetić, P., Milijašević, M., Jovanović, J., Velebit, B. (2007). Pakovanje svežeg mesa u modifikovanoj atmosferi - trend koji traje. *Tehnologija mesa*, 48, 1-2, 99-108.
 146. Ramanathan, L. and Das, N.P. 1992. Studies on the control of lipid oxidation in ground fish by some polyphenolic natural products. *J. Agric. Food Chemistry*, 40:17-21.
 147. Randell, K., Hattula, T., Skytta, E., Sivertsvik, M., Bergslien, H., Ahvenainen, R., 1999. Quality of filleted salmon in various retail packages. *Journal of Food Quality* 22, 483–497.
 148. Ravi Sankar, C.N., Lalitha, K.V., Jose, L., Manju, S., Gopal, T.K.S. (2008). Effect of packaging atmosphere on the microbial attributes of pearl spot (*Etroplus suratensis Bloch*) stored at 0-2 °C. *Food Microbiology*, 25, 518-528.
 149. Reineccius, G., 1990. Off-flavors in foods. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.*, 29: 381-402.
 150. Rennie, T.J., Tavoularis, S. (2009). Perforation-mediated modified atmosphere packaging Part I. Development of a mathematical model. *Postharvest Biology and Technology*, 51, 1-9.
 151. Rivas B, Gonzalez R, Landete JM, Muñoz R. 2008. Characterization of a second ornithine decarboxylase isolated from *Morganella morganii*, *J Food Prot.* 71 (3): 657-61
 152. Rodrigues, M.J., Ho, P., Lopez-Caballero, M.E., Vaz-Pires, P., Nunes, M.L., 2003.
 153. Røra, Anna Maria, Furuhaug, R., Fjæra, S., O., Skjervold, P.O. (2004). Salt diffusion in pre rigor filleted Atlantic salmon. *Aquaculture*, 232, 255-263.
 154. Røra, Anna Maria, Kvale Audil, Mørkøre, Rørvik, Kjell-Arne, Steien, S.H., Thomassen M.S. (1999). Process yield, colour and sensory quality of smoked Atlantic

- salmon (*Salmo salar*) in relation to raw material characteristics. *Food Research International*, 31, 601-609.
155. Rotabakk, B.T., Lekang, O.I., & Sivertsvik, M. (2008). Volumetric method to determine carbon dioxide solubility and absorption rate in foods packaged in flexible or semi rigid package . *Journal of Food Engineering*, 84(3), 499.
 156. Sallam, K.I., 2007. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium citrate in refrigerated sliced salmo. *Food Control* 18, 566-575.
 157. Sallam, K.I., 2008. Effect of marinating process on the microbiological quality of Pacific saury (*Cololabis saira*) during vacuum-packaged storage at 4 degrees C. *International Journal of Food Science and Technology* 43, 220–228.
 158. Sallam, K.I., A.M. Ahmed, M.M. Elgazzar and E.A. Eldaly, 2007. Chemical quality and sensory attributes of marinated pacific saury (*Cololabis saira*) during vacuum-packaged storage at 4°C. *Food Chem.*, 102: 1061-1070.
 159. Sandhya (2010). Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *Food Science and Technology*, 43, 381–392.
 160. Sanjeev, K. & Ramesh, M.N. (2006). Low Oxygen and Inert Gas Processing of Foods. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 46, 5, 423-451
 161. Schirmer, B.C., Heir, E., Langsrud, S., 2009. Characterization of the bacterial spoilage flora in marinated pork products. *Journal of Applied Microbiology* 106, 2106–2116.
 162. Schormüller, J. 1968. *Handbuch der Lebensmittel Chemie*. Band III/2 Teil. Tierische Lebensmittel Eier, Fleisch, Buttermilch, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York: 1482-1537.
 163. Schormüller, J. 1969. *Handbuch der Lebensmittel Chemie*. Band IV. Fette und Lipoide (LIPIDS), SpringerVerlag, New York, Heidelberg, Berlin: 872-878.
 164. Schormuller, J., 1969. *Handbuch der Lebensmittel Chemie*, Band IV, Fette und Lipoide (Lipids). Springer-Verlag, New York, 872-878.
 165. Seafood NIC. 2001. Seafood is health food. Health and Nutrition (Queensland Commercial fishermen’s organization). Seafood Network information Center. California Department of Food and Agriculture. University of California, Davis

166. Shewan, J. M. (1962). The bacteriology of fresh and spoiling fish and some related chemical changes. In: J. Hawthorn & J. Muil Leitch (eds.). *Recent advances in food science*, 1, 167-193.
167. Silliker, J.H., R. P. Elliot, A.C. Baird-Parker, F.L. Bryan, J.H., B. Christian, D.S. Clark, J. C. Olson and T.A. Roberts. 1980. *Microbiological ecology of Foods*. Academic Press Inc. (London) LTD 567-605.
168. Silva, J.K and R.S Chamul, 2000, Composition of marine and freshwater finfish and shellfish species and their products. In *Marine freshwater products handbook*, ed R.E, Martin et al., 31, PA. Techomic.
169. Simonović, P. (2001). *Ribe Srbije*. NNK International, Zavod za zaštitu prirode Srbije, Biološki fakultet.
170. Siverstvik, M. (2007). The optimized modified atmosphere for packaging of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadhus morhua*) is 63 ml /100 ml oxygen and 37 ml / 100 ml carbon dioxide. *LWT*, 40, 430-438
171. Siverstvik, M., Jeksrud, W.K. and Rosnes, T. (2002). A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products - significance of microbial growth, activities and safety. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 107-127.
172. Siverstvik, M., Rosnes, T.J. and Kleiberg, G.H. (2003). Effect of modified atmosphere packaging and superchilled storage on the microbial and sfillets. *Food Microbiology and Safety*, 68, 4, 1467-1472.
173. Sivertsvik, M., Jeksrud, W.K. and Rosnes, J.T. 2002. A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products-significance of microbial growth, activities and safety. *International Journal of Food Science and Technology*, 37: 107-127.
174. Skjervold, P., O., Fjæra, S., O., Østby, P., B., Einen, O. (2001). Live chilling and crowding stress before slaughter of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 19, 265-280.
175. Soccol, M.C.H., Oetterer, M. (2003). Use of Modified Atmosphere in Seafood Preservation. *Brazilian archives of biology and technology*, 46, 4. 569-580.

176. Stamatis, N. Arkoudeios, J. (2007). Quality assessment of *Scomber colias japonicus* under modified atmosphere and vacuum packaging. *Food Control*, 18, 292-300.
177. Stamatis Nikolaos, Arkoudeios John, 2007, Quality assessment of *Scomber colias japonicus* under modified atmosphere and vacuum packaging, *Food Control* 18, 292–300.
178. Stolyhwo, A., Kolodziejska, I., Sikorski, Y.,E. (2006). Long chain polynsaturated fatty acid in smoked Atlantic mackerel and Baltic sprats, *Food Chemistry*, 94, 585-595.
179. Stratton JE, Hutkins RW, Taylor SL. 1991. Biogenic amines in cheese and other fermented food, *J Food Prot.* 54 (6): 460-470.
180. Synodinou, D. 2000. USDA. Greece fishery products seafood market 2000. Foreign Agricultural Service, Global Agricultura Information Network. Voluntary report – public distribution.
181. Šoša, B. (1989). Higijena i tehnologija prerade morske ribe. Školska knjiga, Zagreb.
182. Šumić, Z. (2008). Masne kiseline. Tehnologija hrane, Internet magazin. <http://www.tehnologijahrane.com/hemija-hrane/masne-kiseline>
183. Tarladgis, B.G., B.M. Watts, M.T. Younathan and L. Dugan, 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 37: 44-48.
184. Taylor, R., G., Fjæra, S., O., Skjervold, P., O. (2002). Salmon fillet texture is determined by myofiber-myofiber and myocommata attachment, *Journal of Food Science*, 67, 2067-2071
185. Tejada M. and Huidobro A. (2002). Quality of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*) during ice storage related to the slaughter method and gutting. *European Food Research and Technology* 215: 1-7.
186. Theron, M.M., Lues, J.F.R., 2007. Organic acids and meat preservation: a review. *Food Reviews International* 23, 141–158.
187. Til HP, Falke HE, Prinsen MK, Willems MI. 1997. Acute and subacute toxicity of tyramine,

188. Torrieri, E., Cavella, S., Villani, F, Massi, P. (2006). Influence of modified atmosphere on the chilled shelf life of gutted farmed bass (*Dicentrarchus labrax*). *Journal of Food Engineering*, 77, 1078-1086.
189. Truelstrup Hansen, L., Gill, T., Huss, H., H. (1995). Effects of salt and storage temperature on chemical, microbiological and sensory changes in cold-smoked salmon. *Food Research International*, 28, 123-130
190. Uğur Günşen, Ali Özcan, Ali Aydın, 2011, Determination of Some Quality Criteria of Cold Stored Marinated , Anchovy under Vacuum and Modified Atmosphere Conditions, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 11: 233-242.
191. Varlik, C., N. Gokoglu and H. Gun, 1993. Marinat uretiminde sicakliginin sirke/Tuz gecici uzerine etkisi. *Gida*, 18: 223-228.
192. Vermeiren, L., Devlieghere, F., van Beest, M., de Kruijf, N., Debevere, J. (1999). Developments in the active packaging of foods. *Review in Trends in Food Science & Technology*, 10, 77-86.
193. Vuković, I. (1998). *Osnove tehnologije mesa*, Veterinarska komora Srbije, Beograd.
194. Wang, M.Y. & Ogrydziak, D.M. (1986). Residual effects in an elevated carbon dioxide atmosphere on the microbial flora of rock cod (*Sebastes spp.*). *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 52, No. 4 727-732.
195. Ward, D.R. (2001). Processing Parameters Needed to Control Pathogens in Cold-smoked Fish. *Journal of Food Science*, Vol. 66, No. 7, Supplement to volume.
196. Y. Ozogul, E. Kuley and F. Ozogul. Quality Changes of Marinated Tench (*Tinca tinca*) during Refrigerated Storage, *Food Science and Technology International* 2009 15: 513
197. Yapar, A., 1999. Quality changes in salted anchovy (*Engraulis encrasicolus*) produced using three different salt concentrations. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 23: 441-445.
198. Yeannes Maria Isabel, Casales Maria Rosa, 2008, Modifications in the chemical compounds and sensorial attributes of *Engraulis anchoita* fillet during marinating process, *Food Science and Technology*, Vol.28, No 4.
199. Yongmei L, Xiaohong C, Mei J, Xin L, Rahman N, Mingsheng D, Yan G. 2009. Biogenic amines in chinese soy sause. *Food Control* 20 (6) 593:597.

200. Yoshida H., Kondo I. and Kajimoto G. (1992). Participation of free fatty acids in the oxidation of purified soybean oil during microwave heating. *Journal of the American Oil Chemists Society* 69: 1136-1140.
201. Zaitsev, V., Kizevetter, I., Lagunov, L., Makarova, T., Minder, L., and V. Podsevalov, 1969. *Fish Curing and Processing*. Mir Publishers, Moscow.
202. Zidoh V.A, Miller C.C, Cho Y. (2000). Metabolism of polyunsaturated fatty acids by skin epidermal enzymes: generation of anti-inflammatory and anti-proliferative metabolites, *American Journal of Clinical Nutrition*, 71 (suppl.), 361S-6S.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Славен М. Грбић

број уписа _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Упоредно испитивање одабраних параметара квалитета мариниране скуше
паковане у вакууму и модификованој атмосфери

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 09.01.2014.

Грбић Славен

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Славен М. Грбић

Број уписа _____

Студијски програм _____

Наслов Упоредно испитивање одабраних параметара квалитета мариниране
скуше паковане у вакууму и модификованој атмосфери

Ментор проф. др Милан Ж. Балтић

Потписани _____

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 09.01.2014.

Славен М. Грбић

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Упоредно испитивање одабраних параметара квалитета мариниране скуше паковане у вакууму и модификованој атмосфери

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 09. 01. 2014.

Ђорђе Савић

1. Ауторство - Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прераде. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.