

# Fizikalno-kemijske karakteristike srdele goleme *Sardinellaaurita* iz Jadranskog mora

---

Pavlović, Ivanka

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:540051>

*Rights / Prava:* [Attribution-ShareAlike 4.0 International / Imenovanje-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-04**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

# DIPLOMSKI RAD

Zagreb, travanj 2021.

Ivanka Pavlović, 1286/USH

**FIZIKALNO-KEMIJSKE  
KARAKTERISTIKE SRDELE  
GOLEME *Sardinella aurita* IZ  
JADRANSKOG MORA**

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

## **ZAHVALA**

Najiskrenije hvala dr. sc. Tiboru Jančiju na prihvaćanju mentorstva, razumijevanju, susretljivosti i nesebičnoj pomoći pri izradi ovog rada.

Zahvaljujem se i ostalim djelatnicima Laboratorija za tehnologiju mesa i ribe koji su mi omogućili svu potrebnu opremu te davali savjete pri izradi diplomskog rada.

Hvala mojoj braći i sestri te prijateljima koji su tijekom studiranja bili uz mene, koji su me podupirali i poticali moju težnju ka ostvarivanju ciljeva.

I na kraju, najveću zaslugu pripisujem mami i tati, koji su uvijek bili uz mene bez obzira radi li se o sretnim ili tužnim trenucima i bez kojih sve ovo što sam postigla ne bi bilo moguće.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

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

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

## FIZIKALNO-KEMIJSKE KARAKTERISTIKE SRDELE GOLEME *Sardinella aurita* IZ JADRANSKOG MORA

*Ivanka Pavlović, 1286/USH*

**Sažetak:** Cilj ovog rada je bio određivanje osnovnih kemijskih svojstava, i masnih kiselina srdele goleme (*Sardinella aurita*). Analize osnovnog kemijskog sastava provedene su u 6 paralelnih mjerenja dok je analiza masnih kiselina provedena u 2 paralelna mjerenja. Rezultati su pokazali da srdela golema sadrži 75,80 % ± 0,21 vode, 21,82 % ± 0,12 proteina, 2,13 % ± 0,04 masti, i 3,58 % ± 0,04 pepela. Od ukupne količine masnih kiselina identificirano je 39,39 % ± 3,24 SFA, 12,06 % ± 0,66 MUFA i 48,55 % ± 3,91 PUFA, a najzastupljenije su palmitinska (C16:0), stearinska (C18:0), EPA (C20:5, n-3) i DHA (C22:6, n-3). Usporedbom dobivenih rezultata sa rezultatima drugih autora utvrđene su razlike u kemijskom sastavu zbog različitog perioda ulova i faze reproduktivnog ciklusa.

**Ključne riječi:** srdela golema, proteini, masne kiseline.

**Rad sadrži:** 41 stranica, 9 slika, 12 tablica, 62 literaturna navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

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

**Mentor:** doc. dr. sc. *Tibor Janči*

**Pomoć pri izradi:**

**Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:**

1. Prof.dr.sc. *Sanja Vidaček Filipec*
2. Doc.dr.sc. *Tibor Janči*
3. Izv.prof.dr.sc. *Marina Krpan*
4. Prof.dr.sc. *Ksenija Marković* (zamjena)

**Datum obrane:** 21. travnja 2021.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

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

**Scientific area:** Biotechnical Sciences

**Scientific field:** Food Technology

### PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF ROUND SARDINELLA *Sardinella aurita* FROM ADRIATIC SEA

Ivanka Pavlović, 1286/USH

**Abstract:** The aim of this research was to determine basic chemical properties and fatty acids of round sardinella (*Sardinella aurita*). Basic chemical composition analyses were carried out in 6 parallel measurements, while fatty acids analysis was carried out in 2 parallel measurements. The results showed that the round sardinella contains 75,80 %  $\pm$  0,21 water, 21,82 %  $\pm$  0,12 protein, 2,13 %  $\pm$  0,04 fat and 3,58 %  $\pm$  0,04 ash. Of the total amount of fatty acids 30,39 %  $\pm$  3,24 SFA, 12,06%  $\pm$  0,66 MUFA and 48,55 %  $\pm$  3,91 PUFA were identified, and the most prevalent are palmitic (C16:0), stearic (C18:0), EPA (C20:5, n-3) and DHA (C22:6, n-3). By comparing the obtained results with the results of other authors, differences in chemical composition were found due to different catch periods and reproductive cycle phases.

**Keywords:** round sardinella, proteins, fatty acids.

**Thesis contains:** 41 pages, 9 figures, 12 tables, 62 references

**Original in:** Croatian

**Graduate Thesis in printed and electronic (pdf format) is deposited in:** Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb

**Mentor:** *Ph.D Tibor Janči, Assistant professor*

**Technical support and assistance:**

**Reviewers:**

1. Ph.D. *Sanja Vidaček Filipec*, Full professor
2. Ph.D. *Tibor Janči*, Assistant professor
3. Ph.D. *Marina Krpan*, Associate professor
4. Ph.D. *Ksenija Marković*, Full profesor (substitute)

**Thesis defended:** 21. april 2021.

<b>Sadržaj</b>	<b>stranica</b>
<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	2
2.1. OSNOVNE INFORMACIJE I GRAĐA SRDELE GOLEME .....	2
2.2. POJAVNOST SRDELE GOLEME U SVIJETU .....	3
2.4. UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA .....	4
2.5. EKONOMSKA VAŽNOST SITNE PLAVE RIBE .....	5
2.6. KEMIJSKI SASTAV I NUTRITIVNA VRIJEDNOST .....	6
2.6.1. Masne kiseline u ribljem mesu .....	7
2.6.2. Varijacije udjela lipida i vode u odnosu na reproduktivni ciklus?.....	7
2.7. UTJECAJ OMEGA-3 MASNIH KISELINA NA ZDRAVLJE .....	8
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	10
3.1. MATERIJALI.....	10
3.2. METODE.....	11
3.2.1. Određivanje udjela vode.....	11
3.2.2. Određivanje udjela proteina po Kjeldahlu .....	12
3.2.3. Određivanje ukupnog udjela masti .....	14
3.2.4. Određivanje količine mineralnih tvari .....	16
3.2.5. Određivanje sastava masnih kiselina .....	16
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA</b> .....	19
4.1. REZULTATI VLASTITOG RADA.....	19
4.1.1. Udio vode .....	20
4.1.2. Udio proteina.....	22
4.1.3. Udio masti .....	23
4.1.4. Udio pepela.....	24
4.1.5. Sastav masnih kiselina.....	26
4.2. USPOREDBA REZULTATA OSNOVNOG KEMIJSKOG SASTAVA SA REZULTATIMA IZ LITERATURE.....	31
4.3. USPOREDBA REZULTATA MASNOKISELINSKOG SASTAVA SA REZULTATIMA IZ LITERATURE.....	32
<b>5. ZAKLJUČAK</b> .....	34
<b>6. LITERATURA</b> .....	35



# 1. UVOD

Riba je biološki izrazito vrijedna namirnica, lako kvarljiva i podložna različitim onečišćenjima. Nedovoljno je zastupljena u prehrani stanovništva Hrvatske, a to ukazuje podatak da se u prosjeku pojede oko 18,4 kg/ po stanovniku svježe morske i slatkovodne ribe (EUMOFA, 2015). Preporučeno je konzumirati barem dva puta tjedno po 170 grama ribe, od toga jednu porcija „masne“ ribe poput skuše, srdele, haringe ili sabljjarke (Škugor i Gaćina, 2012). Pogodnosti unosa sitne plave ribe su mnogobrojne te uključuju smanjenje rizika srčanih bolesti, moždanih udara, pravilan razvoj fetusa i poboljšanje kognitivnog razvoja u dojenčadi i male djece (Sarojnalini i Hei, 2019).

Srdelu golemu *Sardinella aurita* prvi je opisao 1847. godine francuski zoolog i ihtiolog Achille Valenciennes (Achille Valenciennes, 1794-1865). Ne koristi se često za jelo zbog velike količine sitnih kostiju, a glavno obilježje joj je zlatna boja te sitna crna mrlja na škržnom poklopcu (Anonymous 1). Zbog svog kemijskog sastava i nutritivne vrijednosti temelj je za bolje gospodarsko iskorištenje te prerada u profitabilnije proizvode

Cilj ovog diplomskog rada je utvrditi kemijski sastav srdele goleme ulovljene u Jadranskom moru. Zbog kratkog životnog vijeka, načina prehrane i novačenja pogodna je za proučavanje klimatskih promjena u morskom sustavu. Utvrditi varijacije tijekom mjeseci te dobivene rezultate usporediti sa rezultatima drugih istraživanja. Za određivanje kemijskog sastava korištene su fizikalno-kemijske metode: određivanje udjela vode, mineralnih tvari, proteina, masti i masnih kiselina. Na temelju dobivenih rezultata izvedeni su grafički prikazi. Potom su izvedeni zaključci s obzirom kako se mijenja kemijski sastav srdele goleme tijekom travnja, lipnja i kolovoza.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. OSNOVNE INFORMACIJE I GRAĐA SRDELE GOLEME

Srdela golema pripada obitelji Haringi (*Clupeidae*) i zajedno sa iglicom (*Belone belone gracilis*), inćunom (*Engraulis encrasicolus*), papalinom (*Sprattus sprattus*), lokardom (*Scomber colias*), skušom (*Scomber scombrus*), srdelom (*Sardina pilchardus*) i šaranima (*Trachurus trachurus* i *Trachurus mediterraneus*) spada u sitnu plavu ribu. Zbog svoje uloge u prijenosu energije od primarnih i sekundarnih proizvođača do gornjih grabežljivaca prehrambene mreže čine temeljne elemente obalnog morskog sustava (Cury i sur., 2000; Bănaru i sur., 2013). Hrane se uglavnom zooplanktonima, posebice kopepodnim račićima, dok se mlađi razvojni stadiji hrane fitoplanktonima. Može narasti do 33 cm i doseći 150 grama težine (Morote i sur., 2008).

Tijelo srdele goleme je izduženo, obično subcilindrično, te ponekad malo komprimirano. Trbuh joj je prilično zaobljen i oštro vidljiv (Slika 1.). Niži nastavci škrge su fini i brojni, ima ih više od 80. Bočni dijelovi tijela su srebreni, a tanka zlatna linija nerijetko služi kao ključni parametar svježine. Crna mrlja koja se može uočiti na stražnjem rubu škržnog poklopca rezultat je odsutnosti srebrenog pigmenta.



Slika 1. Srdela golema (Anonymous, 2020)

Ribe spolnu zrelost dosežu u različito vrijeme, obično ženke nešto kasnije od mužjaka. Reproductivni ciklus u riba sezonska je pojava i započinje nekoliko mjeseci prije mriještenja (Kozarić, 2001). Srdela golema se mrijesti pod različitim prostornim i vremenskim uvjetima, odnosno visoka brojnost zooplanktona te niska temperatura površine mora (Fréon, 1988).

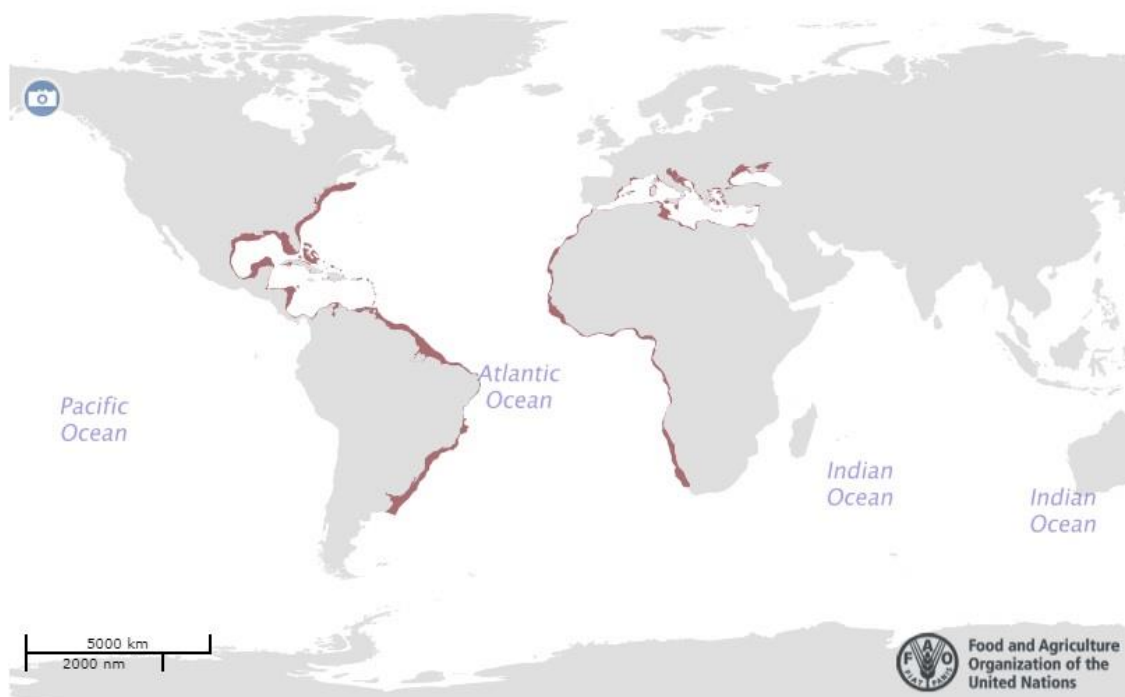
Mustać i Sinovčić (2011) utvrdile su povezanost temperature mora i gonadosomatskog indeksa. U Jadranskom moru mrijest se odvija od svibnja (18,9 °C) do rujna (23,6 °C), dok su u rujnu su prevladavale potrošne gonade koje označuju kraj mrijesta a zabilježena temperatura mora iznosila je 20,4 °C.

## **2.2. POJAVNOST SRDELE GOLEME U SVIJETU**

Srdela golema je izrazito migratorna vrsta. Vertikalni raspon kretanja širi se od površine do 350 m dubine (Whitehead i sur., 1988). Preferira živjeti u toploj slanoj vodi, saliniteta između 34 i 36 ‰, a temperatura varira unutar 17 i 30 °C.

Obzirom da je kretanje srdele goleme ograničeno na toplu i slanu vodu u posljednjih 20 godina nalazila se samo u Egejskom moru. Zbog porasta temperature morske vode širi stanište na zapadni i istočni Atlanski ocean, Pacifički ocean, cijelo Sredozemno more (Tsikliras i Antonopoulou, 2006). U južnom dijelu Jadranskog mora lovi se zajedno sa srdelom (*Sardinella pilchardus*), inćunom (*Engraulis encrasicolus*) i drugim plavim ribama, dok je u sjevernoj zoni rijetko zastupljena (Sinovčić i sur., 2004).

Najznačajnija ribolovna područja srdele goleme nalaze se uz zemlje zapadne Afrike i Sredozemlja te uz Venezuelu i Brazil s 200 000 tona ribe godišnje (Longhurst i Pauly, 1987). Sve je prisutnija u lovinama Jadranskog mora zbog povećanja temperature, saliniteta te smanjenja prozirnosti morske vode. Najstariji zabilježeni podaci o ribarstvu u Hrvatskoj odnose se na područje Zadarske županije koje je i danas jedno od glavnih područja sitne plave ribe posebice srdele. Lovi se cijelu godinu izuzev zimi kada je lovostaj te se odmah prerađuje ili zamrzava (Herceg, 1987).



Slika 2. Geografska rasprostranjenost Srdele goleme (FAO, 2020)

## 2.4. UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA

Klima na Zemlji mijenjala se još prije pojave prvog čovjeka. Tada su se topla i ledena doba izmjenjivala prirodnim procesima. Naime, od početka industrijske revolucije termin klimatske promjene upotrebljavamo kada govorimo o promjenama klime koje se događaju zbog antropogenog utjecaja. Najviše se govori o globalnom zatopljenju koje implicira na porast temperature zraka i porast temperature u morima i oceanima uzrokovano efektom staklenika (Krželj, 2010).

Jadransko more bilježi porast temperature u proteklih 40 godina. Kao posljedica povećanja temperature primijećene su osim horizontalnih i vertikalne migracije prema dubljim i hladnijim vodama, što se dogodilo i u južnom dijelu Mediterana gdje pojedine vrste sele u hladniji i sjeverniji dio, a vrste poput škampa (*Nephrops norvegicus*) odlaze u hladnije i dublje dijelove mora (Krželj, 2010).

Srdela golema je zbog kratkog životnog vijeka, načina prehrane i novačenja pogodna za proučavanje klimatskih promjena u morskom sustavu. Iako je termofilna te se nastanjuje u tropskim i suptropskim vodama Atlanskog oceana, Tihog oceana, tijekom posljednjih godina pojavila se u najhladnijim i najsjevernijim područjima Mediterana i sjevernog Jadrana (Sinovčić i sur., 2004). Stoga, širenje srdele goleme može pridonijeti smanjenu populacija drugih sitnih plavih vrsta jer su jače i dominantnije u borbi za hranu i prostor. Što se tiče reproduktivnog ponašanja, ne postoji međusobna konkurencija između srdele, incuna i srdele goleme, jer ove vrste preferiraju različita područja temperature i saliniteta za mrijest (Palomera i sur., 2007).

Ulov srdele goleme u Jadranskom moru varira od 1996-2005 godine. Najveći ulov zabilježen je 1997. godine (344 t), a najmanji 1999. (25 t) kada je došlo do iznenadnog pada temperature što je uzrokovalo masovnu smrtnost srdele goleme (Anonymous, 2006). Od 2000. do 2005. godine zabilježen je blagi rast ulova (35-102 t) (Mustać i Sinovčić, 2012).

## **2.5. EKONOMSKA VAŽNOST SITNE PLAVE RIBE**

Riblja industrija 2018. godine ostvaruje promet od 179 milijuna tona ribljih proizvoda. Od toga 156 milijuna tona iskorišteno je za ljudsku konzumaciju, a 2,22 milijuna tona za proizvodnju ribljeg brašna i ribljeg ulja. Prvo mjesto u svjetskom uzgoju ribe zauzima Kina (35 %), zatim Azija (34 %), Amerika (14 %), Europa (10 %), Afrika (7 %), i Oceanija (1 %). Europa i Amerika tijekom posljednjih desetljeća bilježe uspone i padove u uzgoju ribe, dok su Afrika i Azija udvostručile svoj uzgoj (FAO, 2016).

U Mauritaniji je 2010. godine došlo do razvoja novih industrija koje dijelom koriste srdelu golemu kao sirovinu za proizvodnju ribljeg brašna i ribljeg ulja. Riblje brašno proizvodi se mljevenjem i sušenjem ribljih dijelova (Auchterlonie, 2018), dok je riblje ulje industrijski proizvod visoke prehrambene vrijednosti te sadrži dugolančane omega-3 polinezasićene masne kiseline (PUFA). U prošlosti riblje ulje je bilo nusproizvod iz proizvodnje ribljeg brašna, a sada je prepoznato kao primarni izvor masnih kiselina DHA, DPA i EPA (Sprague i sur., 2017).

Ribarstvo Republike Hrvatske ima dugu tisućljetnu tradiciju i postiže pozitivnu bilancu vanjske trgovine unatoč vrlo teškom općem stanju (Katavić i sur., 2001). Jadransko more je

oligotrofno čija je glavna karakteristika relativno niska produktivnost. Ipak, zbog raznolikosti biocenoza u Jadranskom moru opisane su 453 vrste riba, raspoređene u 120 obitelji, a za prehranu ljudi lovi se oko 180 vrsta riba (Dulčić i Dragičević, 2011).

Glavni predstavnici sitne plave ribe u Jadranskom moru su srdela i inćun. Italija je većim dijelom usmjerena na uzgoj inćuna dok je Hrvatska na srdelu. Talijanski udio inćuna i srdele čini oko 30 % ukupnog nacionalnog ulova, a u Hrvatskoj sitna plava riba čini oko 80 % ukupnog nacionalnog ulova (EU, 2016).

U posljednje vrijeme kada je sve prisutnija u lovinama sitne plave ribe počela se koristiti u industriji za proizvodnju ribljih pašteta i kao gotov proizvod miješane plave ribe. Njezina zastupljenost je u konstantnom porastu, a tretira se kao prilov te slabo gospodarski iskorištava, uglavnom za hranidbu u procesu uzgoja tuna (Mustać i Sinovčić, 2010).

## **2.6. KEMIJSKI SASTAV I NUTRITIVNA VRIJEDNOST**

Riblje meso s nutricionističkog gledišta jedna je od vodećih namirnica u prehrani ljudi. Zbog lake probavljivosti pogodno je za konzumaciju djece, starijih ljudi te bolesnika. Značajno se ne razlikuje od mesa toplokrvnih životinja, ali se zbog svojih specifičnih osobina različito ponaša pri obradi, čuvanju i skladištenju. Visok udio vode (60-80 %) omogućuje brzo kvarenje, dok je zbog manjka vezivnog tkiva nježnije i podložnije fermentativnoj i mikrobiološkoj razgradnji (Šoša, 1989).

Riblje meso je bogato esencijalnim aminokiselinama i masnim kiselinama, vitaminima (posebice A, D i E) te mineralnim tvarima (kalcij, magnezij, željezo, jod i fluor). Aminokiselinski sastav svih riba je usporediv s proteinima visoke biološke vrijednosti poput jajeta. Udio aminokiselina sa sumporom je vrlo nizak, a znatno viši sadržaj leucina i lizina koji imaju istaknutu ulogu u dobi rasta organizma (Bogut i sur., 1996). Zbog svoje probavljivosti i iskoristivosti proteini ribe su izuzetno kvalitetni i nalaze se odmah iza majčinog mlijeka (Vidaček, 2013).

U nutritivnom pogledu sitna plava riba predstavlja važan izvor hranjivih tvari, pogotovo proteina. Riblji proteini su lako probavljivi, bolje iskoristivi, te imaju pogodan aminokiselinski sastav, naročito kad su u pitanju esencijalne aminokiseline (metionin, lizin,

triptofan, arginin, histidin). Ljudski organizam probavi riblje meso u roku 2-3 sata, a iskoristivost proteina iznosi 93-98 % (Šoša, 1989).

Karakoltsidis i suradnici (1995) su utvrdili da srdela golema obiluje proteinima, mineralnim tvarima, vitaminima i polinezasićenim masnim kiselinama. Najzastupljenije su omega 3-masne kiseline čiji je udio iznosio 25 %.

### 2.6.1. Masne kiseline u ribljem mesu

Masti su kemijski vrlo složene tvari koje predstavljaju smjese triglicerida viših masnih kiselina (Žlender, 2000). Imaju najveću kalorijsku vrijednost, a njihova količina u ribljem mesu ovisi o ishrani, uhranjenosti ribe, fiziološkom stanju ribe te godišnjem dobu. Količina masti u mesu riba varira od 0,7 % do 20 %. Riblje masti sadrže 60-84 % nezasićenih masnih kiselina, što ribu čini podložnom oksidaciji i brzom kvarenju (Šoša, 1989).

Iz skupine esencijalnih masnih kiselina najvažnije mjesto zauzimaju omega-3 masne kiseline koje pozitivno djeluju na kardiovaskularni sustav, snižava razinu masnoće u krvi te ima važnu ulogu u razvoju djeteta u majčinoj utrobi, a posebno u razvoju mozga i vida (Johnsen, 1991).

Među nezasićenim masnim kiselinama najzastupljenija je palmitinska masna kiselina (C16:0) koju slijede stearinska (C18:0) te miristinska (C14:0). Kemijske analize pokazuju da ženke imaju veće udjele zasićenih i mononezasićenih masnih kiselina. Za razliku od tih rezultata, mušjaci imaju više vrijednosti polinezasićenih masnih kiselina, omega-3 i omega-6 masnih kiselina. Na temelju istraživanja koje su proveli Caponio i suradnici (2004) muške jedinke su imale više vrijednosti arahidonske (C20:4) te dokosoheksaenoične kiseline (C22:6) i linolenske kiseline (C18:3). Usprkos tome, kod ženski jedinki zabilježeni su značajni udjeli omega-6 PUFA linolne (C18:2) i linolenske kiseline (C18:3). Faktor koji se smatra najvažnijim je prehrana bazirana na fitoplanktonima i zooplanktonima.

### 2.6.2. Varijacije udjela lipida i vode u odnosu na reproduktivni ciklus?

Na udio lipida u tkivu sitne plave ribe utječe reproduktivni ciklus. Srdela golema nakuplja masno tkivo hranjenjem, a iscrpljuje ga tijekom spolnog sazrijevanja. Prosječna godišnja

vrijednost lipida iznosi  $3,76 \pm 2,01$  % za mušjake i  $3,79 \pm 1,86$  % za ženke. Tijekom zimskih mjeseci vrijednosti gonadosomatskog indeksa su najniže, u proljeće se blago povećavaju, dok najveću vrijednost dosežu u lipnju i kolovozu tijekom mrijesta (2,75-3,38 %). U rujnu kada završava period mrijesta, vrijednost gonadosomatskog indeksa opada. Količina lipidnog sadržaja tijekom zimskog razdoblja je visoka, a polako se smanjiva tijekom ožujka i svibnja. Pri uspoređivanju sadržaja lipida i udjela vode uočen je obrnuti odnos. Kada se uspoređuje udio vlage, vrijednosti su ljeti i u jesen niske, a minimum dosežu u studenom (69,74 %). Uzorci zima/proljeće imali su veći udio vode sa maksimumom u ožujku (78,89 %). Prosječna količina vlage od lipnja do rujna iznosila je 74,03 %. Od rujna i tijekom zimskih mjeseci sadržaj masti je u porastu, što se poklapa sa nižim udjelom vode (Mustać i Sinovčić, 2012). Mustać i Sinovčić (2012) su utvrdile da ženke imaju veću količinu masti i manje udio vode od muškjaka, što je zabilježeno i kod srdele (*Sardina pilchardus*) iz Jadranskog mora.

## **2.7. UTJECAJ OMEGA-3 MASNIH KISELINA NA ZDRAVLJE**

U skupini omega-3 masnih kiselina spadaju  $\alpha$ -linolenska kiselina (ALA), eikosapentaenska kiselina (EPA) i dokozaheksaenska kiselina (DHA) (Harris, 2010). Najbolji izvor EPA i DHA predstavlja riba (srdela, skuša, tuna, losos i haringa). Riba iz uzgoja obično sadrže veće koncentracije u odnosu na ulovljene, ali to u konačnosti ovisi o hrani kojom se hrane (Miller i sur., 2008). Preporučeni dnevni unos omega-3 i omega-6 masnih kiselina prema FDA je 3,0 grama. Točan unos omega-3 masnih kiselina nije definiran, Givens i suradnici (2006) navode da ja za postizanje preventivnog učinka potrebno unositi 450 mg/dnevno. Kako bi ljudski organizam normalno funkcionirao vrlo je važno regulirati omjer omega-3 i omega-6 masnih kiselina (1:4) (Riediger i sur., 2009). Razlog tomu je što nusprodukti omega-6 masnih kiselina uzrokuju upalne procese, zgrušavaju krv, potiču rast tumor stanica, a omega-3 masne kiseline djeluju potpuno suprotno.

Neravnoteža omega-6 i omega-3 masnih kiselina u prehrani ljudi posljednjih 100-150 godina rezultirala je naglim povećanjem srčanih bolesti, malignih oboljenja i alergija. Modernizacijom i razvojem poljoprivrede sve češće se proizvodi meso temeljeno na intenzivnom tovu žitaricama. Na taj način je došlo do proizvodnje mesa bogatog omega-6 masnih kiselinama. Slične promjene dogodile su se i u sastavu konzumnih jaja i ribe (Simopoulos, 1991).



Tijekom posljednjih nekoliko desetljeća naglo je porastao interes za omega-3 masnim kiselinama zbog povećanja svijesti i dragocjenog utjecaja na zdravlje. Prije svega štiti srce i krvne žile, pomaže u razvoju djeteta, prevenciji i terapiji kardiovaskularnih bolesti. 400-500 mg dnevno je dovoljno za primarnu, a 1000 mg EPA + DHA za sekundarnu kardiovaskularnu prevenciju (Covington, 2004). Dovoljan unos omega-3 masnih kiselina tijekom trudnoće i dojenja utječe na pravilan razvoj mozga i mrežnice (Ramakrishnan i sur., 2010). Judge i suradnici (2007) u svom istraživanju ukazuju da djeca čije su majke konzumirale DHA tijekom trudnoće imaju znatno bolje vještine u rješavanju problema te bolju koordinaciju očiju i ruku za razliku od djece čije majke nisu konzumirale DHA.

Smanjena količina DHA slabi kognitivne funkcije uslijed starenja, dok povišen unos DHA poboljšava sposobnost učenja i pamćenja. Upravo zbog toga se u novije vrijeme primjenjuje u liječenju nekih mentalnih bolesti poput depresije, demencije, poremećaja aktivnosti i deficita pažnje (Lin i Su, 2007).

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

Budući da na kemijski sastav ribe utječu brojni parametri poput dostupnosti i vrste hrane, klime, temperature mora i drugih hidrografskih parametara, cilj ovog istraživanja bio je analizirati udio vode, mineralnih tvari, proteina, masti i masnih kiselina srdele goleme iz Jadranskog mora što predstavlja temelj za gospodarsko iskorištavanje određene vrste. Također, usporedbom dobivenih rezultata sa podacima dostupnima u literaturi cilj je bio utvrditi i moguće specifičnosti sastava srdele goleme u Jadranu s obzirom na druga geografska područja.

#### **3.1. MATERIJALI**

Analize su provedene na uzorcima srdele goleme ulovljene u jadranskom moru (ribolovna zona B). Uzorke za istraživanje ustupila je ribarska zadruga Omega-3 u čijem su proizvodnom pogonu uzorci zamrznuti nakon ulova te u zamrznutom stanju dopremljeni u Laboratorij za tehnologiju mesa i ribe Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Uzorkovanja su provođena u vremenskim razmacima od 2 mjeseca te su analizirane 3 grupe uzoraka ulovljenih 25. travnja, 26. lipnja i 26. kolovoza 2020. godine. Uzorci srdele goleme izlovljeni su kao prilov tijekom lova sitne plave ribe mrežom plivaricom u ribolovnoj zoni B, te su nakon ulova poleđeni na palubi broda, transportirani u kamionima hladnjačama do proizvodnog pogona Omega-3 gdje su zamrznuti u tunelu za IQF zamrzavanje. Nakon dopremanja u laboratorij, uzorci su odmrznuti, eviscerirani i filetirani. Dorzalni dio fileta od 20 jedinki homogeniziran je u skupni uzorak koji je korišten za provođenje daljnjih analiza. Istraživanje osnovnog kemijskog sastava srdele goleme obuhvaća određivanje udjela vode (AOAC, 1995), udjela mineralnih tvari (AOAC, 1995), udjela proteina (AOAC, 1995), udjela masti (Smedes, 1995). Kod analize sastava masnih kiselina metilni esteri su pripremljeni referentnom metodom (ISO, 5509:2000), a analiza metodom plinske kromatografije (ISO 5508:1990). Analize osnovnog kemijskog sastava provedene su u 6 paralelnih mjerenja dok je analiza sastava masnih kiselina provedena u 2 paralelna mjerenja.

## 3.2. METODE

Određivanje osnovnog kemijskog sastava srdele goleme obuhvatilo je određivanje udjela vode (AOAC, 1995), udjela mineralnih tvari (AOAC, 1995), udjela proteina (AOAC, 1995), i udjela masti (Smedes, 1999).

### 3.2.1. Određivanje udjela vode

Pojam količina vode u različitim namirnicama, podrazumijeva gubitak na težini uzorka sušenjem do konstantne mase. Sušenje se provodi sve dok masa ostatka poslije produženog sušenja više se ne smanjuje, odnosno dok razlika u masi dvaju uzastopnih sušenja ne iznosi više od 1-3 mg. Neki propisi ističu „dok razlika uzastopnih vaganja ne bude manja od 0,1 % originalne mase uzorka“. Sušenje se vrši na temperaturi  $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ .

#### **Postupak:**

Kompletno mišićje se homogenizira, uzima se oko 3 g. U Al-zdjelicama se homogenizira gnječenjem.

U Al-zdjelice se stavlja oko 5 grama kvarcnog pijeska i stakleni štapić, potom se stavlja u sušionik na zadanu temperaturu. Nakon što se postigne potrebna temperatura zdjelice se bez poklopca suše oko 30 minuta (poklopac nasloniti za zdjelicu). Po završetku sušenja zdjelice se poklope u sušioniku te hlade u eksikatoru do sobne temperature (30 minuta). Ohlađene zdjelice se važu te se ta masa ( $m_0$ ) upisuje u tablicu.

Nakon što su posudice izvagane i osušene, doda se oko 3 g homogeniziranog uzorka, staklenim štapićem lagano miješati te se posudice poklope i izvagaju ( $m_1$ ).

U sušioniku na zadanoj temperaturi posudice s uzorkom se suše 2.5 sata te se poklopac nasloni na posudicu. Po završetku ohlađene poklopljene posudice se hlade u eksikatoru (30 min) te se važu ( $m_2$ ). Postupak se ponavlja sve dok se dva uzastopna mjerenja ne razlikuju više ok 0.1 % (najčešće nakon 1 sat sušenja).

Izračun:

Udio vode izračunat je prema jednadžbi [1]:

$$w = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 - m_0)} * 100$$

### 3.2.2. Određivanje udjela proteina po Kjeldahlu

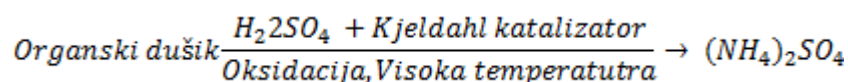
Određivanje proteina metodom po Kjeldahlu bazira se na pretpostavci da proteini sadrže prosječno 16 % dušika. Nakon razgradnje organske tvari određuje se proteinski dušik izražen kao amonijak.

Postupak se sastoji od tri faze: vlažnog spaljivanja/oksidacije; destilacije i titracije.

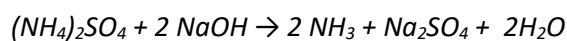
Princip određivanja:

U prvom dijelu uzorak se zagrijava s koncentriranom sumpornom kiselinom uz dodatak katalizatora ( $\text{CuSO}_4$ ) i soli za povećanje vrelišta ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) uslijed čega dolazi do potpune oksidacije organske zvari ( $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ ), a dušik koji se oslobađa u obliku  $\text{NH}_3$  sa  $\text{H}_2\text{SO}_4$  daje  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . U drugom dijelu tj. tijekom destilacije amonij-sulfat na kojeg djeluje lužina oslobađa se u amonijak, te se u zadnjoj fazi predestilira vodenom parom u tikvicu s kiselinom poznate koncentracije. Višak kiseline se utvrđuje titracijom.

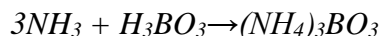
[1] Mineralizacija



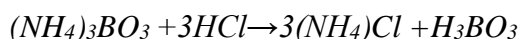
[2] Alkalizacija s NaOH u suvišku



[3] Destilacija u bornu kiselinu u suvišku



[4] Titracija amonijevog borata solnom kiselinom



### Postupak:

Postupak u bloku za spaljivanje: Epruvete prije uporabe moraju biti čiste i suhe. Na listić aluminijske folije važe se 2 g uzorka s točnošću  $\pm 0,01$  g, umota se i potom ubaci u epruvetu. U svaku kivetu se stavljaju dvije tablete Kjeldahl katalizatora i 14 mL koncentrirane  $H_2SO_4$  kiseline i 5 mL  $H_2O_2$ , te se lagano miješa dok uzorak ne navlaži. Pri završetku reakcije, stalak sa epruvetama se stavi u digestijsku jedinicu za mineralizaciju i potom se pokrene sistem za odvod para. Na samom početku (prvih 10 minuta) spaljivanje se provodi uz maksimalan protok vode, nakon čega se smanjuje za 50 %. Bistra i svijetlo zelena boja tekućine u epruvetama označava kraj mineralizacije. Nakon što se epruvete ohlade do sobne temperature potrebno je u svaku zasebno dodati po 80 mL vode.

### Postupak destilacije:

Na postolje u destilacijskoj jedinici stavi se Erlanmayer tikvica u kojoj se nalazi 25 mL borne kiseline, i podigne u gornji položaj tako da je destilacijska cjevčica uronjena u otopinu. Kjeldahlova epruveta se stavi na svoje mjesto i zatvori sigurnosna vratašca. Dozira se 50 mL 40 % NaOH u Kjeldahlovu epruvetu. Destilacija se odvija 4 minute. Destilat je zelene boje što ukazuje na prisustvo amonijaka. Destilat mora biti hladan jer u protivnom (što je destilat topliji) doći će do gubitka amonijaka.

### Titracija s kloridnom kiselinom:

Napuniti biretu sa 0,2 NHCl i titrirati direktno u prihvatnu tikvicu. U završnoj točki boja otopine postane blijedo ružičasta.

Izračun: [5]

$$\%N = \frac{(T - B) * c(HCl) * 14,007 * 100}{m(uzorak)[mg]}$$

Gdje je:

T- utrošeni mL 0,2 M otopine HCl za titraciju uzorka

B- utrošeni mL 0,2 M otopine slijepa probe

$C(\text{HCl}) = 0,2 \text{ mol L}^{-1}$

$\% \text{ proteina} = \% \text{ N} * 6,25$

### 3.2.3. Određivanje ukupnog udjela masti

#### **Postupak:**

Masti se ekstrahiraju cikloheksanom i propan-2-ol. Prelaze u cikloheksan dodatkom vode. Centrifugiranjem se faze odvajaju. Masti se određuju gravimetrijski nakon odvajanja iz cikloheksanskog sloja i otparavanja.

Materijali:

Deionizirana voda

Propan-2-ol: ACS grade

Cikloheksan: ACS grade

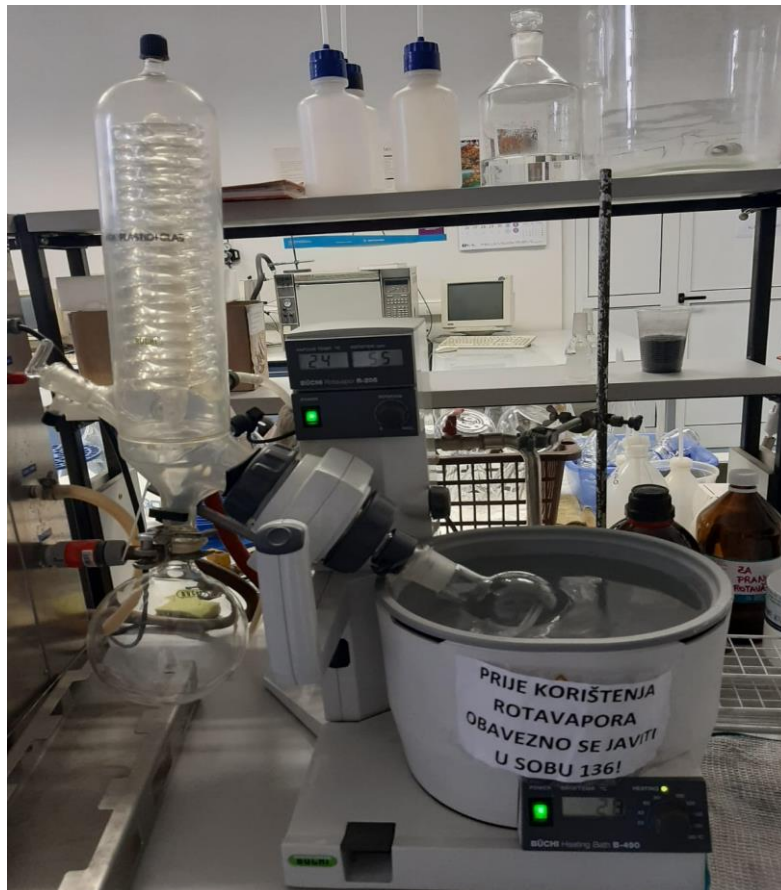
Otopina A: Propan-2-ol – cikloheksan (w/w) = 16:20

Otopina B: 13% (w/w) propan-2-ol u cikloheksanu

Protokol:

Potrebno je 2,5 g homogeniziranog uzorka ( $\pm 0,2 \text{ g}$ ) (iz većeg homogeniziranog uzorka od 50-100 g) staviti u tubu za centrifugu od 50 mL. Dodati 18mL otopine A. Homogenizirati na ultraturaxu 2 min (11000-13000 rpm). Dodati 10 mL vode. Nakon toga uzorak ponovno homogenizirati na ultraturaxu 1 min (11000-13000 rpm). Odvajanje faza centrifugiranjem (5 min na 2000 rpm). Pipetom se odvaja organska faza u prethodno osušenu i izvaganu tikvicu

za otparavanje. Potom se dodaje 10 mL otopine B preostaloj vodenoj fazi u tubi za centrifugu. Homogenizirati na ultraturaxu 1 min (11000-13000). Odvajanje faza centrifugiranjem (5 min na 2000 rpm). Prebaciti gornju organsku fazu u tikvicu za otparavanje koja sadrži prvi ekstrakt. Otparavanje otapala na 51 °C na 235 mbar. Sušenje 1h na 105 °C. Određivanje mase ostatka i preračunavanje udjela masti.



Slika 3. Otparavanje otapala na rotavaporu (vlastita fotografija).

Izračun: [1]

$$\%masti = \frac{m(masti\ nakon\ vaganja)}{m(masa\ uzorka)} * 100$$

### 3.2.4. Određivanje količine mineralnih tvari

Ukupni sadržaj mineralnih tvari neke namirnice procjenjuje se na osnovu količine pepela. Pepeo predstavlja anorganski ostatak koji zaostaje nakon spaljivanja organskog dijela namirnice.

#### **Postupak:**

Lončice za upotrebu je potrebno spaliti u mufolnoj peći na temperaturi 550 °C do postojane mase (dovoljno je 15 minuta), a potom se stavljaju u eksikator na hlađenje 1h i važu. Izvagati 5 g uzorka ( $\pm 0,01$  g) u pripremljeni lončić. Uzorak je potrebno u ravnomjernom sloju rasporediti po lončiću. Polako zagrijavati preko Bunsenovog plamenika ili električnog grijača dok uzorci ne karboniziraju. Nakon toga se uzorci stavljaju u mufolnu peć, prethodno zagrijanu na 550 °C i ostave se sve dok se ne dobije bijeli ili blijedo zeleni pepeo. Po završetku spaljivanja lončići se stavljaju u eksikator na hlađenje. Tek nakon potpunog hlađenja, što zahtijeva stajanje od najmanje 1 sata, lončići se važu.

Izračun: [1]

$$\%pepeo = \frac{(m3 - m1)}{(m2 - m1)} * 100$$

m1 - masa prazne posudice (g)

m2 - masa posudice s uzorkom prije sušenja(g)

m3 - masa posudice s pepelom (g)

### 3.2.5. Određivanje sastava masnih kiselina

Za određivanje sastava masnih kiselina u uzorcima masti plinskom kromatografijom potrebno je prevesti masne kiseline u njihove metilne estere. Metilni esteri pripremljeni su metodom po Bannonu, ISO 5509:2000.



Priprema metilnih estera masnih kiselina:

Odvaže se 60 mg uzorka masti i otopi u 4 mL izooktana u epruveti volumena oko 10 mL sa staklenim čepom. Zatim se u epruvetu doda 200  $\mu\text{L}$  metanolne otopine KOH ( $c = 2 \text{ mol L}^{-1}$ ) snažno protrese oko 30 sekundi. Ostavi se na sobnoj temperaturi da reagira. Nakon što se reakcijska smjesa izbistri i odvoji se glicerolni sloj na dnu epruvete, u nju se doda 1 g natrijeva hidrosulfata monohidrata kako bi se smjesa neutralizirala. Bistra otopina se prebaci u vijalicu.

Analiza metilnih estera masnih kiselina plinskom kromatografijom:

Metilni esteri masnih kiselina analizirani su metodom ISO 5508:1990.

Pripremljen uzorak analizira na plinskom kromatografu Agilent Technologies 6890N Network GC System (Santa Clara, SAD) opremljenom sa plamenoionizacijskim detektorom (FID) koji je preko kanala spojen na računalo.

U kompjuterskom sustavu zadani su uvjeti analize koji su postavljeni nakon provedenih preliminarnih ispitivanja po kojima su odabrani optimalni uvjeti (temperatura kolone, detektora, injektora i „aux-a“, protok plina i količina injektiranog uzorka).

Uvjeti rada:

- Kolona: kapilarna DB-23 (Agilent),  
60 m x 0,25 mm, debljina filma 0,25  $\mu\text{m}$   
stacionarna faza: cijanopropil-silikon
- Temperatura kolone: programirana  
- 60  $^{\circ}\text{C}$  do 220  $^{\circ}\text{C}$ -7 $^{\circ}\text{C min}^{-1}$   
zadržava se 17 min
- Plin nosioc: Helij
- Protok plina nosioca: 1,5  $\text{mL min}^{-1}$
- Temperatura injektora: 250  $^{\circ}\text{C}$
- Split: 1 : 30
- Temperatura detektora: 280  $^{\circ}\text{C}$

- Količina injektiranog uzorka: 1  $\mu\text{L}$

Identifikacija pojedinih masnih kiselina provedena je usporedbom vremena zadržavanja metilnih estera pojedine masne kiseline s vremenima zadržavanja metilnih estera standardne smjese 37 masnih kiselina (F.A.M.E. C4 - C24, Supelco) poznatog sastava.



Slika 4. Plinski kromatograf kromatografu Agilent Technologies 6890N Network GC System (vlastita fotografija).

### 3.2.6. Statistička obrada podataka

Statistička obrada rezultata laboratorijskih analiza provedena je u programu SPSS v. 12.0 (SPSS, Chicago, IL, USA). Analiza varijance i utvrđivanje značajnosti razlika između pojedinih grupa uzoraka (A, B, C, D) provedena je jednosmjernom analizom varijance (one-way ANOVA) i Tukey post hoc testom uz razinu značajnosti  $p < 0,05$ .

## **4. REZULTATI I RASPRAVA**

U ovom poglavlju prikazani su rezultati osnovnih kemijskih analiza srdele goleme ulovljene u Jadranskom moru. Prosječne vrijednosti osnovnog kemijskog sastava analiziranih uzoraka srdele goleme vidljivi su u tablici 2, dok su u tablicama 3-6 prikazane varijacije udjela vode, proteina, masti i pepela tijekom mjeseci. Slike 4-7 prikazuju udio vode, proteina, masti i pepela u analiziranim uzorcima srdele goleme izlovljene tijekom travnja, lipnja i kolovoza. Slijede tablice 3-7 koje pokazuju udio zasićenih, mononezasićenih, polinezasićenih,  $\Omega$ -3 i  $\Omega$ -6 masnih kiselina u mesu srdele goleme. Varijacije zasićenih, mononezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina tijekom travnja, lipnja i kolovoza prikazane su na slici 8, dok tablica 8 prikazuje udio g masne kiselina u 100 grama ribe.

Provedena su brojna istraživanja koja su se bavila rasprostranjenosti i reproduktivnim ciklusom srdele goleme, dok je relativno malo pažnje posvećeno kemijskom sastavu. Zbog nedostatka podataka uspoređen je kemijski sastav srdele goleme sa drugim sitnim plavim ribama poput inćuna i srdele.

### **4.1. REZULTATI VLASTITOG RADA**

U tablici 2. prikazan je prosječan osnovni kemijski sastav srdele goleme tijekom travnja, lipnja i kolovoza. Kao što je već spomenuto na kemijski sastav utječu mnogi čimbenici ali on može značajno varirati unutar jedne vrste. Svaki uzorak analiziran je u paralelama, nakon toga su izračunate srednje vrijednosti svake paralele udjela vode, proteina, masti i mineralnih tvari. Obzirom da ribe imaju relativno visok udio vode tako i u srdele golemoj ta vrijednost doseže do  $75,8 \% \pm 0,21$ . Najvrijedniji sastojci ribljeg mesa su proteini te oni sa mastima i ugljikohidratima čine osnovu pravilne prehrane. Meso srdele goleme ima relativno visok udio proteina i on iznosi  $21,82 \% \pm 0,12$ , a udio masti  $2,13 \% \pm 0,04$ . Udio pepela odnosno mineralnih tvari iznosi  $3,58 \% \pm 0,04$ .

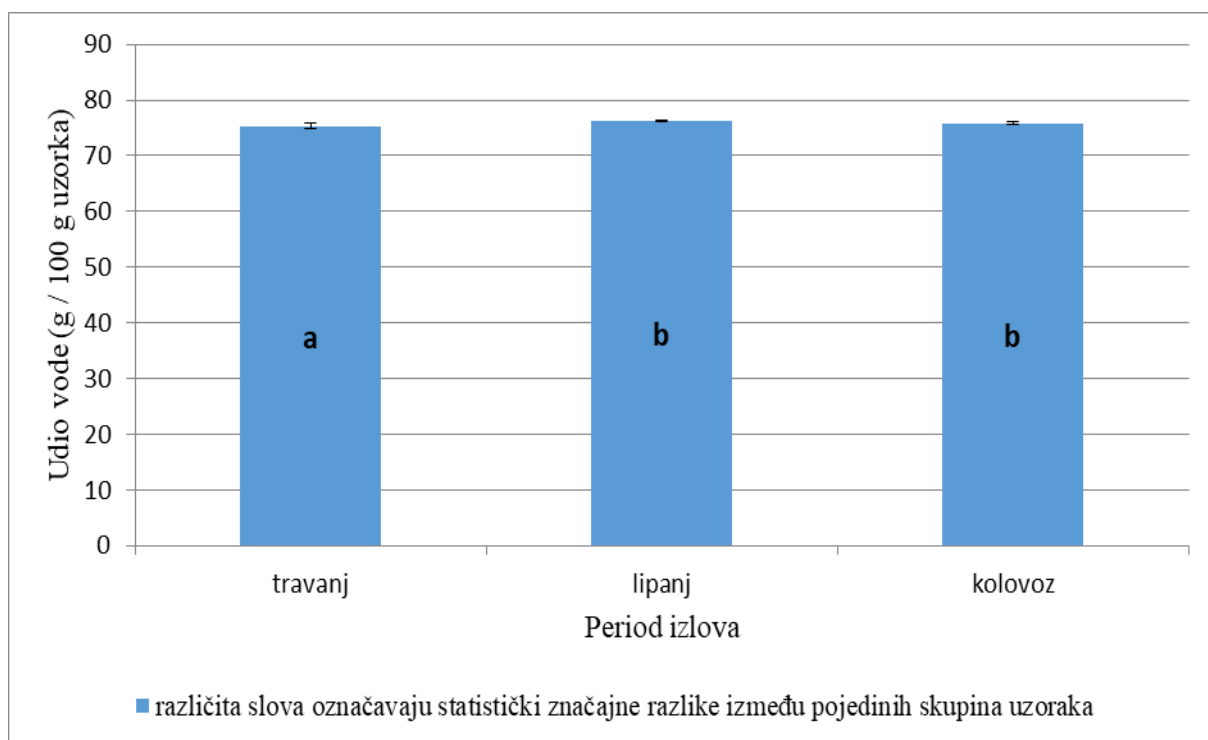
Tablica 2. Prosječne vrijednosti osnovnog kemijskog sastava analiziranih uzoraka srdele  
goleme *Sardinella aurita*

Kemijski sastav (%)	
Udio vode	75,80 ± 0,21
Udio proteina	21,82 ± 0,12
Udio masti	2,13 ± 0,04
Udio pepela	3,58 ± 0,04

#### 4.1.1. Udio vode

Tablica 3. Udio vode srdele goleme (g/100g ostatka) različitih šarži.

Mjerenje	Šarža		
	1	2	3
1	75,91	76,39	76,13
2	74,59	76,03	75,63
3	75,70	76,15	75,96
4	75,65	76,19	75,82
5	74,86	76,07	75,77
6	75,40	76,34	75,58



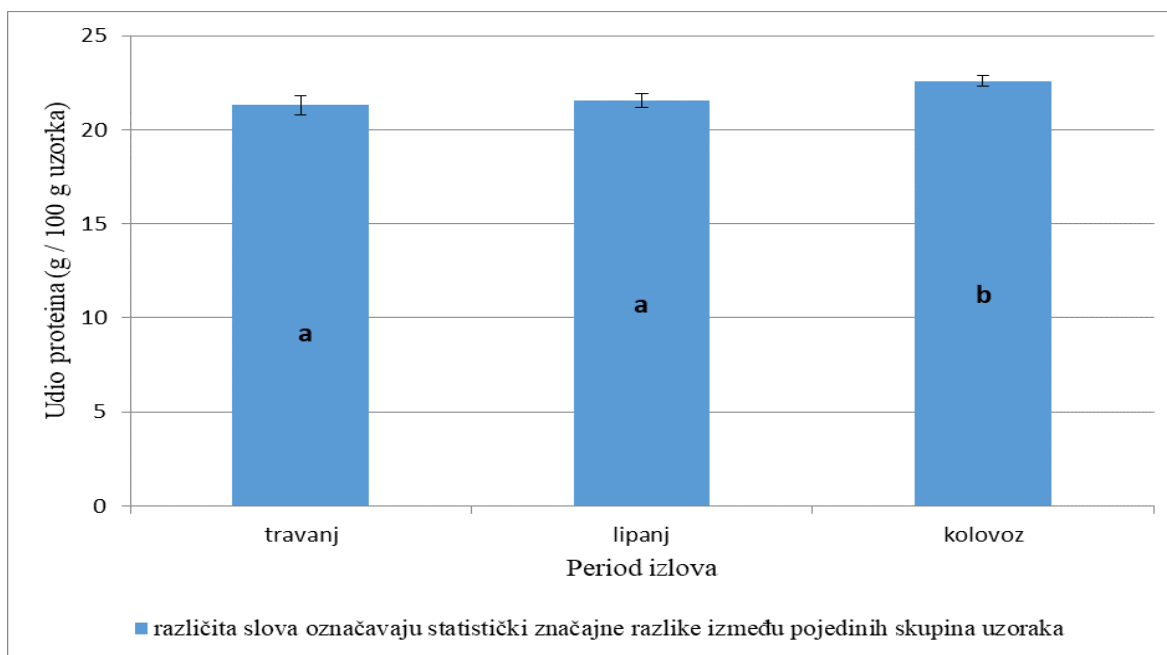
Slika 5. Udio vode u analiziranim uzorcima srdele goleme izlovljenima tijekom travnja, lipnja i kolovoza

Udio vode dobiven ispitivanjem u svim uzorcima varira od 74,59-76,39 g/100g uzorka. U travnju postotak vode iznosio je  $75,35 \pm 0,52$  g/100g, u lipnju  $76,20 \pm 0,14$  g/100g, te u kolovozu  $75,85 \pm 0,17$  g/100g pri čemu možemo zaključiti da nema velikih oscilacija između uzoraka tijekom mjeseci. Statistički značajna razlika utvrđena je između travnja i ostalih mjeseci, dok između lipnja i kolovoza ne postoji statistički značajna razlika.

#### 4.1.2. Udio proteina

Tablica 4. Udio proteina srdele goleme (g/100g ostatka) različitih šarži.

Mjerenje	Šarža		
	1	2	3
1	21,13	21,27	22,89
2	20,71	21,69	22,63
3	21,33	21,54	22,91
4	21,64	21,53	22,30
5	22,09	21,09	22,53
6	20,93	22,17	22,31



Slika 6. Udio proteina u analiziranim uzorcima srdele goleme izlovljenima tijekom travnja, lipnja i kolovoza

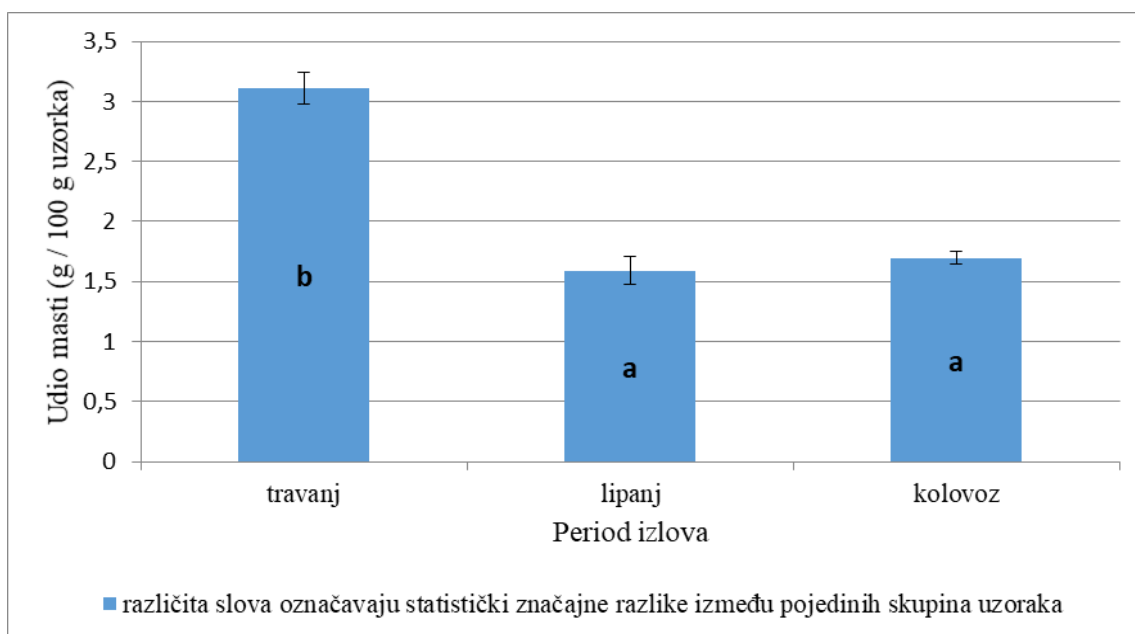
Raspon udjela proteina između travnja, lipnja i kolovoza je relativno malen. Sadržaj proteina kretao se od  $21,30 \pm 0,26$  g/100 g u travnju do  $21,55 \pm 0,37$  g/100 g u lipnju bez značajne

statističke razlike, a najveći udio zabilježen je u kolovozu  $22,60 \pm 0,51$  g/100 g. Dakle, postoji statistički značajna razlika između kolovoza u odnosu na travanj i lipanj ( $p < 0,05$ ).

#### 4.1.3. Udio masti

Tablica 5. Udio ukupne masti srdele goleme (g/100g ostatka) različitih šarži.

Mjerenje	Šarža		
	1	2	3
1	3,24	1,60	1,79
2	3,14	1,52	1,69
3	3,15	1,52	1,64
4	3,23	1,55	1,65
5	2,98	1,54	1,71
6	2,93	1,82	1,69



Slika 7. Udio masti u analiziranim uzorcima srdele goleme izlovljenima tijekom travnja, lipnja i kolovoza

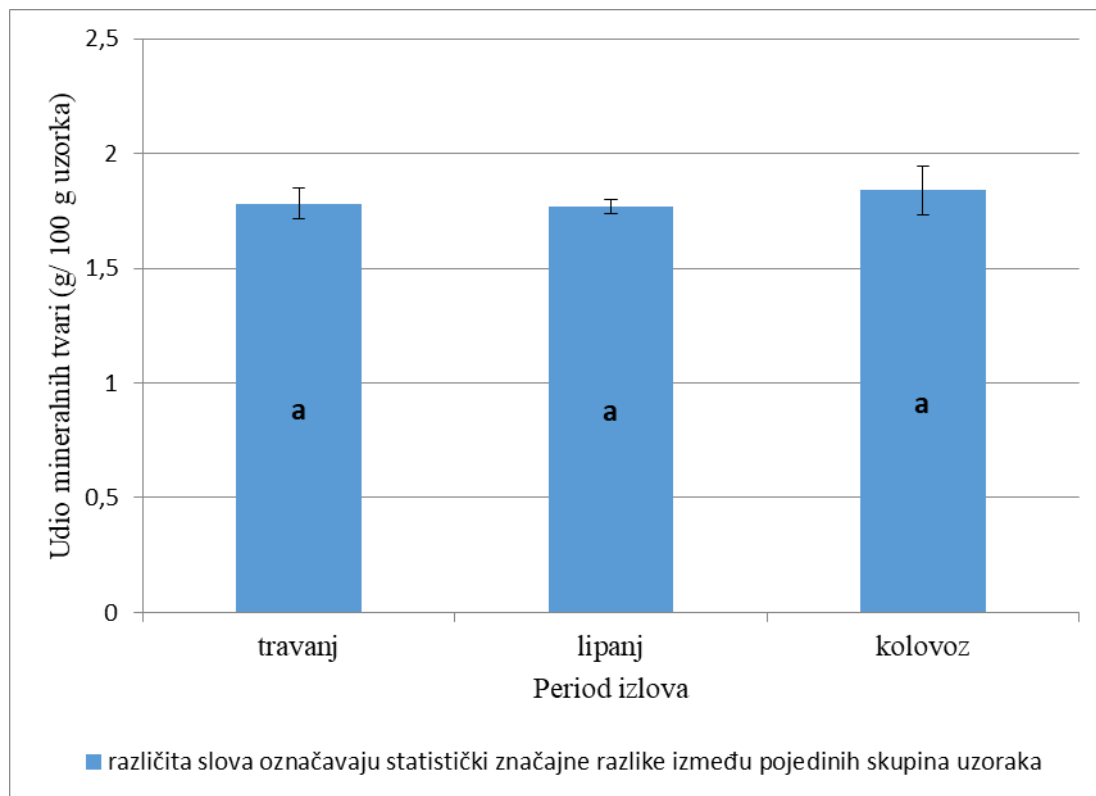
Analiza određivanja udjela masti ukazuje razlike obzirom na vrijeme ulova ribe. Najveći udio masti zabilježen je u travnju  $3,11 \pm 0,13$  g/100 g, dok se u lipnju taj udio značajno smanjio na  $1,59 \pm 0,11$  g/100 g. U kolovozu je zabilježen blagi porast udjela masti na  $1,70 \pm 0,05$  g/100 g. Kod udjela masti samo se jedna skupina uzoraka razlikuje od drugih, tj. postoji statistički značajna razlika između travnja i ostalih mjeseci, dok između lipnja i kolovoza značajna razlika nije utvrđena.

#### 4.1.4. Udio mineralnih tvari

Tablica 6. Udio mineralnih tvari srdele goleme (g/100g ostatka) različitih šarži.

Mjerenje	Šarža		
	1	2	3
1	1,85	1,72	1,82
2	1,76	1,78	1,82
3	1,82	1,81	1,86
4	1,84	1,74	2,02
5	1,68	1,77	1,69
6	1,72	1,78	1,80





Slika 8. Udio mineralnih tvari u analiziranim uzorcima srdele goleme izlovljenima tijekom travnja, lipnja i kolovoza

Udio mineralnih tvari ne pokazuje značajno odstupanje između analiziranih uzoraka te nema statistički značajnih razlika. Prosječna vrijednost mineralnih tvari u travnju iznosila je  $1,78 \pm 0,06$  g/100 g uzorka, u lipnju  $1,76 \pm 0,03$  g/100g uzorka, dok je u kolovozu izmjerena vrijednost iznosila  $1,83 \pm 0,11$  g/100 g uzorka.

Grupa uzoraka izlovljena u travnju ima najniže vrijednosti vode ( $75,35 \pm 0,51$  g/100 g) i najveće vrijednosti masti ( $3,11 \pm 0,12$  g/100 g), dok grupa uzoraka izlovljena u lipnju ima najniže vrijednosti masti ( $1,59 \pm 0,11$  g/100 g) i najviše vrijednosti vode ( $76,20 \pm 0,14$  g/100 g). Na temelju ovoga može se zaključiti da grupe koje imaju veći udio vode imaju niži udio masti i obratno što je u skladu sa rezultatima prethodnih istraživanja (Mustać i Sinovčić, 2012). Najniži udio proteina zabilježen je u grupi uzoraka izlovljenih u travnju ( $21,30 \pm 0,50$  g/100 g), a najviši u grupi uzoraka izlovljenih u kolovozu ( $22,60 \pm 0,26$  g/100 g) što je prvenstveno posljedica razlika u udjelu masti uvjetovana različitim fazama reproduktivnog ciklusa. Naime, apsolutne vrijednosti udjela proteina različitih skupina uzoraka pokazuju vrlo male razlike te se znatno povećanje udjela masti u uzorcima izlovljenima u travnju očituje u

relativnom smanjenju udjela proteina u istim uzorcima. Općenito, od svih analiziranih parametara udio masti pokazuje najveće varijacije između različitih grupa uzoraka (1,59 % između travnja i lipnja te 1,41 % između travnja i kolovoza) te se značajan porast udjela masti u uzorcima iz travnja očituje relativnim smanjenjem udjela ostalih parametara kod ove skupine uzoraka što je potvrdila i provedena statistička analiza. Razlike analiziranih parametara između uzoraka izlovljenih u lipnju i kolovozu puno su manje te su statistički značajne jedino u slučaju udjela proteina i općenito se može reći da ne pokazuju određeni trend.

#### 4.1.5. Sastav masnih kiselina

Masnokiselinski sastav uzoraka prikazan je u tablicama 3-8. Glavne masne kiseline identificirane u mesu srdele goleme su palmitinska kiselina (C16:0), stearinska kiselina (18:0), palmitoleinska kiselina (C16:1), oleinska (C18:1-cis), EPA (C20:5, n-3) i DHA (C22:6, n-3).

Tablica 7. Udio zasićenih masnih kiselina u uzorcima srdele goleme izlovljenih tijekom travnja, lipnja i kolovoza.

Udio zasićenih masnih kiselina (% od ukupnih masnih kiselina)			
	travanj	lipanj	kolovoz
C12:0	0,09 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
C14:0	3,84 ± 0,00 <sup>b</sup>	1,93 ± 0,50 <sup>a</sup>	2,19 ± 0,10 <sup>a</sup>
C15:0	1,15 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,60 ± 0,15 <sup>a</sup>	0,64 ± 0,03 <sup>a</sup>
C16:0	24,68 ± 0,02 <sup>a</sup>	24,19 ± 4,08 <sup>a</sup>	22,39 ± 0,73 <sup>a</sup>
C17:0	1,56 ± 0,00 <sup>a</sup>	1,38 ± 0,25 <sup>a</sup>	1,50 ± 0,05 <sup>a</sup>
C18:0	8,14 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,33 ± 0,81 <sup>b</sup>	10,69 ± 0,18 <sup>b</sup>
C20:0	0,68 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,35 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,67 ± 0,05 <sup>b</sup>
C24:0	0,26 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,49 ± 0,34 <sup>a</sup>	0,41 ± 0,00 <sup>a</sup>
<b>Ukupne SFA</b>	<b>40,40 ± 0,06<sup>a</sup></b>	<b>39,27 ± 6,10<sup>a</sup></b>	<b>38,49 ± 1,04<sup>a</sup></b>

\*a, b - statistički značajne razlike pojedinih skupina uzoraka

Najviši ukupni udio zasićenih masnih kiselina zabilježen je u travnju ( $40,40 \% \pm 0,06$ ), a najniži u kolovozu ( $38,49 \% \pm 1,04$ ), između mjeseci nije utvrđena statistički značajna razlika. Vrijednost ostalih zasićenih masnih kiselina je varijabilna te pokazuje statistički značajne razlike tijekom mjeseci. U travnju najzastupljenija masna kiselina je palmitinska (C16:0) čija je vrijednost iznosila  $24,68 \% \pm 0,02$ , te se u kolovozu snizila na  $22,39 \% \pm 0,73$ . Laurinska kiselina (C12:0) je najmanje zasićena masna kiselina i zastupljena je samo u travnju ( $0,09 \% \pm 0,00$ ). Miristinska kiselina čija vrijednost u travnju iznosi  $3,84 \% \pm 0,00$  statistički pokazuje značajne razlike u odnosu na lipanj ( $1,93 \% \pm 0,50$ ) i kolovoz ( $2,19 \% \pm 0,10$ ).

Tablica 8. Udio mononezasićenih masnih kiselina u uzorcima srdele goleme izlovljenih tijekom travnja, lipnja i kolovoza.

Udio mononezasićenih masnih kiselina (% od ukupnih masnih kiselina)			
	travanj	lipanj	kolovoz
C14:1	$0,19 \pm 0,00^c$	$0,00 \pm 0,00^a$	$0,13 \pm 0,00^b$
C16:1	$3,25 \pm 0,01^b$	$0,81 \pm 0,18^a$	$1,23 \pm 0,04^a$
C17:1	$0,37 \pm 0,00^b$	$0,16 \pm 0,01^a$	$0,15 \pm 0,01^a$
C18:1-cis	$13,98 \pm 0,09^b$	$8,20 \pm 1,13^a$	$6,77 \pm 0,07^a$
C20:1	$0,32 \pm 0,00^b$	$0,41 \pm 0,02^c$	$0,22 \pm 0,00^a$
<b>Ukupne MUFA</b>	$18,11 \pm 0,09^b$	$9,58 \pm 1,28^a$	$8,59 \pm 0,11^a$

\*a, b, c - statistički značajne razlike pojedinih skupina uzoraka

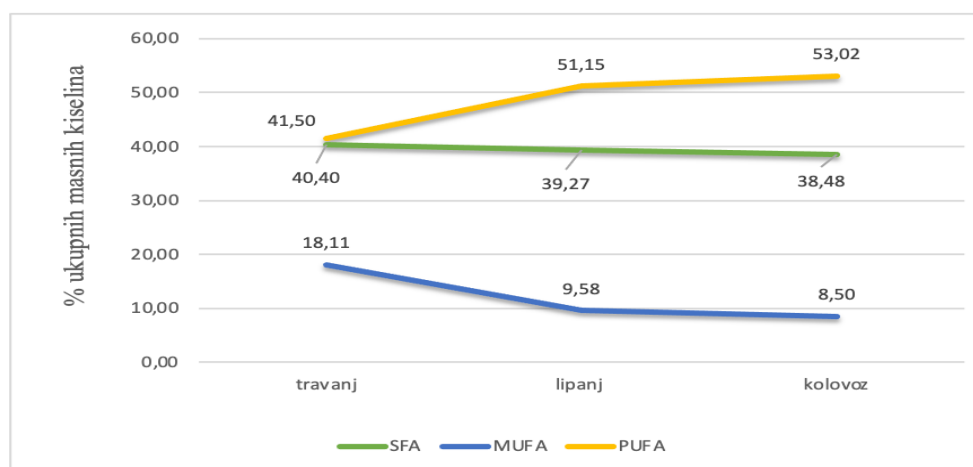
Ukupan udio mononezasićenih masnih kiselina najviši je u travnju ( $18,11 \% \pm 0,09$ ) a najniži u kolovozu ( $8,69 \% \pm 0,11$ ), te je utvrđena statistički značajna razlika između travnja i ostalih mjeseci, dok između lipnja i kolovoza nema značajne razlike. Oleinska kiselina (C18:1, n9) čini većinu frakcije mononezasićenih masnih kiselina. Njezin udio kretao se od  $13,98 \% \pm 0,09$  u travnju do  $6,77 \% \pm 0,07$  u kolovozu. Udio palmitoleinske kiseline varira tijekom mjeseci, najviši udio zabilježen je u travnju  $3,25 \% \pm 0,01$ , a najniži u lipnju  $0,81 \% \pm 0,18$ , u kolovozu se blago povećao na  $1,23 \% \pm 0,04$  te je utvrđena statistički značajna razlika između travnja i ostalih mjeseci. Iako eikosaenska (C20:1) mononezasićena masna kiselina nije zastupljena u velikoj koncentraciji, jedna je od rijetkih koja ima utvrđene statistički značajne razlike između svih mjeseci.

Tablica 9. Udio polinezasićenih masnih kiselina u uzorcima srdele goleme izlovljenih tijekom travnja, lipnja i kolovoza.

Udio polinezasićenih masnih kiselina (% od ukupnih masnih kiselina)			
	travanj	lipanj	kolovoz
C18:2-cis	2,58 ± 0,01 <sup>b</sup>	1,93 ± 0,24 <sup>a</sup>	1,87 ± 0,01 <sup>a</sup>
C18:3n6	0,09 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,30 ± 0,05 <sup>b</sup>	0,39 ± 0,01 <sup>b</sup>
C18:3n3	0,82 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,41 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,42 ± 0,01 <sup>a</sup>
C20:2	0,37 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,43 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,38 ± 0,02 <sup>a</sup>
C20:4n6	2,42 ± 0,00 <sup>b</sup>	1,52 ± 0,06 <sup>a</sup>	2,30 ± 0,03 <sup>b</sup>
C20:3n3	0,15 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,16 ± 0,01 <sup>b</sup>
C20:5n3	7,89 ± 0,01 <sup>c</sup>	4,10 ± 0,13 <sup>a</sup>	4,89 ± 0,06 <sup>b</sup>
C22:6n3	27,18 ± 0,15 <sup>a</sup>	42,46 ± 7,86 <sup>a</sup>	42,62 ± 1,29 <sup>a</sup>
<b>Ukupne PUFA</b>	<b>41,50 ± 0,16<sup>a</sup></b>	<b>51,15 ± 7,38<sup>a</sup></b>	<b>53,02 ± 1,16<sup>a</sup></b>

\*a, b, c - statistički značajne razlike pojedinih skupina uzoraka

Na temelju provedenih analiza polinezasićene masne kiseline su najzastupljenije u uzorcima srdele goleme izlovljene tijekom travnja, lipnja i kolovoza. U travnju je utvrđen najmanji ukupni udio (41,50 % ± 0,16), a u kolovozu najveći (53,02 % ± 1,16) te nema statistički značajne razlike između mjeseci. Dokozoheksaenska kiselina čini većinu frakcije posebice u kolovozu (42,6 2% ± 1,29) i lipnju (42,46 % ± 7,86), dok je u travnju zabilježena značajno niža vrijednost (27,18 % ± 0,15). Druga najznačajnija polinezasićena masna kiselina je eikosapentenaksa sa najvišom vrijednosti u travnju (7,89 % ± 0,01).



Slika 9. Varijacije SFA, MUFA, PUFA u uzorcima srdele goleme izlovljeni tijekom travnja, lipnja i kolovoza.

Ukupni udio zasićenih, mononezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina se mijenjao tijekom mjeseci. Polinezasićene masne kiseline jedine bilježe porast udjela od travnja do kolovoza (41,50 %-53,02 %), dok se udio zasićenih (41,40 %-38,48 %) i mononezasićenih (18,11 %-8,50 %) masnih kiselina smanjio.

Tablica 10. Udio  $\Omega$ -3 masnih kiselina u uzorcima srdele goleme izlovljeni tijekom travnja, lipnja i kolovoza.

Udio $\Omega$ -3 masnih masnih kiselina (% od ukupnih masnih kiselina)			
	travanj	lipanj	kolovoz
C18:3n3	0,82 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,41 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,42 ± 0,01 <sup>a</sup>
C20:3n3	0,15 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,16 ± 0,01 <sup>b</sup>
C20:5n3	7,89 ± 0,01 <sup>c</sup>	4,10 ± 0,13 <sup>a</sup>	4,89 ± 0,06 <sup>b</sup>
C22:6n3	27,18 ± 0,15 <sup>a</sup>	42,46 ± 7,86 <sup>a</sup>	42,62 ± 1,29 <sup>a</sup>
<b>Ukupne <math>\Omega</math>-3 masne kiseline</b>	36,04 ± 0,16 <sup>a</sup>	46,96 ± 7,66 <sup>a</sup>	48,09 ± 1,21 <sup>a</sup>

\*a, b, c - označavaju statistički značajne razlike pojedinih skupina uzoraka

Sadržaj n-3 masnih kiselina različit je tijekom mjeseci. Tako je zapažen najveći ukupni udio n-3 masnih kiselina u kolovozu (48,09 % ± 1,21), i lipnju (46,96 % ± 7,66), a nešto manji u travnju (36,04 % ± 0,16). Analiza dobivenih vrijednosti n-3 masnih kiselina pokazuje da nema značajne razlike između šarži.

Tablica 11. Udio  $\Omega$ -6 masnih kiselina u uzorcima srdele goleme izlovljeni tijekom travnja, lipnja i kolovoza.

Udio $\Omega$ -6 masnih masnih kiselina (% od ukupnih masnih kiselina)			
	travanj	lipanj	kolovoz
C18:3n6	0,09 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,30 ± 0,05 <sup>b</sup>	0,39 ± 0,01 <sup>b</sup>
C20:4n6	2,42 ± 0,00 <sup>b</sup>	1,52 ± 0,06 <sup>a</sup>	2,30 ± 0,03 <sup>b</sup>
<b>Ukupne <math>\Omega</math>-6 masne kiseline</b>	2,51 ± 0,00 <sup>b</sup>	1,82 ± 0,01 <sup>a</sup>	2,69 ± 0,03 <sup>c</sup>

\*a, b, c - statistički značajne razlike pojedinih skupina uzoraka

Ukupni udio n-6 masnih kiselina varira tijekom mjeseci. U travnju je zabilježena vrijednost iznosila  $2,51 \% \pm 0,00$ , u lipnju se taj udio smanjio na  $1,82 \% \pm 0,01$ , te se u kolovozu ponovno povisio udio na  $2,69 \% \pm 0,03$ . Također, zabilježena je statistički značajna razlika između svih navedenih mjeseci.

Tablica 12. Količina pojedinih grupa masnih kiselina u mesu ribe (g m.k. / 100 g ribe) izračunat prema (<http://www.fao.org/3/y4705e/y4705e22.htm>)

	travanj	lipanj	kolovoz
SFA	$1,13 \pm 0,00^b$	$1,10 \pm 0,17^a$	$1,08 \pm 0,03^a$
MUFA	$0,51 \pm 0,00^b$	$0,27 \pm 0,04^a$	$0,24 \pm 0,00^a$
PUFA	$1,16 \pm 0,00^b$	$1,43 \pm 0,21^a$	$1,48 \pm 0,03^a$
n3	$1,01 \pm 0,00^b$	$1,31 \pm 0,21^a$	$1,35 \pm 0,03^a$
n6	$0,07 \pm 0,00^c$	$0,06 \pm 0,00^a$	$0,08 \pm 0,00^b$
n3/n6	$14,36 \pm 0,04$	$25,72 \pm 4,34$	$17,92 \pm 0,66$
EPA	$0,17 \pm 0,02$	$0,09 \pm 0,06$	$0,10 \pm 0,01$
DHA	$0,58 \pm 0,08$	$0,90 \pm 5,53$	$0,91 \pm 0,88$

\* a, b, c - označavaju statistički značajne razlike pojedinih skupina uzoraka

Na temelju rezultata udjela masti te sastava masnih kiselina, izračunata je količina pojedine skupine masnih kiselina u 100 g ribljeg mesa množenjem sa faktorom za masnu ribu od 0,9 (Greenfield i Southgate, 2003) te se može zaključiti da je udio zasićenih masnih kiselina u g/100 g uzorka u travnju iznosio  $1,13 \pm 0,00$ , te da je utvrđena statistički značajna razlika između travnja i ostalih mjeseci. Između lipnja i kolovoza nema statistički značajne razlike te je vrijednost zasićenih masnih kiselina nešto niža u odnosu na travanj ( $1,10 \pm 0,17$ - $1,08 \pm 0,03$ ). Udio mononezasićenih masnih kiselina u g/100 grama uzorka za travanj iznosi  $0,51 \pm 0,00$ , za lipanj  $0,27 \pm 0,04$  i kolovoz  $0,24 \pm 0,00$ . Obzirom da su polinezasićene masne kiseline najzastupljenije njihova vrijednost iznosi  $1,16 \pm 0,00$  za travanj,  $1,43 \pm 0,21$  za lipanj te za kolovoz  $1,48 \pm 0,03$ . Statistički značajna razlika utvrđena je između travnja i ostalih mjeseci, dok između lipnja i kolovoza nema statistički značajne razlike. Udio omega-3 masnih kiselina u g/100 grama uzorka iznosi  $1,01 \pm 0,00$  za travanj,  $1,31 \pm 0,21$  za lipanj te za kolovoz  $1,35 \pm 0,03$ . Omega-6 masne kiseline su manje zastupljene te se u g/100 grama uzorka može pronaći  $1,35 \pm 0,03$  u travnju,  $0,06 \pm 0,00$  u lipnju, te u kolovozu  $0,08 \pm 0,00$ .

Omjer omega 3 i omega-6 masnih kiselina ima najvišu vrijednost u lipnju ( $25,72 \pm 4,34$ ), a najmanju u travnju  $14,36 \pm 0,04$ .

#### **4.2. USPOREDBA REZULTATA OSNOVNOG KEMIJSKOG SASTAVA SA REZULTATIMA IZ LITERATURE**

Uspoređujući rezultate ovog rada sa rezultatima koje su utvrdili Barrero i Bello (2000) može se zaključiti da meso srdele goleme ima sličan udio vode (75,80 % prema 74,32 %), više proteina (21,82 % prema 14,67 %), manji sadržaj masti (2,13 % prema 7,65 %) i veći sadržaj pepela (3,58 % prema 1,27 %). Obzirom da u navedenom radu nije naveden period izlova rezultati se vjerojatno razlikuju zbog različite faze reproduktivnog ciklusa i okolišnih uvjeta.

Naši rezultati pokazuju povećanje udjela vode (75,35 % i 75,85 %) i mineralnih tvari (1,78 % i 1,84 %) te smanjenje udjela masti (3,11 % i 1,70 %) od travnja do kolovoza, isti trend je primijećen u radu Ben Rebaha i suradnika (2010) na uzorcima srdele goleme iz Tunisa. Jedina razlika uočena je u udjelu proteina, u našim rezultatima zabilježen je blagi pad udjela od travnja do kolovoza (22,60 % i 22,08 %), dok se u uzorcima srdele goleme iz Tunisa udio povećao (19,91 % i 20,08 %).

Marin i suradnici (2009) u svom su radu dobili podatke o prosječnom kemijskom sastavu srdele (*Sardina pilchardus*) ulovljene u sjevernom Jadranskom moru. Prema podacima srdela iz navedenog rada ima niži udio vode (70,8 % prema 75,80 %) i proteina (21,0 % prema 21,82 %) te znatno viši udio masti (6,4 % prema 3,58 %) u odnosu na srdelu golemu.

Šimat i Bogdanović (2012) analizirale su prosječan kemijski sastav inćuna izlovljenih u Jadranskom moru. Usporedbom rezultata srdele goleme i inćuna iz Jadranskog mora utvrđeno je da inćuni imaju veći udio vode (76,52 % prema 75,80 %) i masti (2,27 % prema 2,13 %), dok srdela golema ima veći udio proteina (21,82 % prema 21,34 %) i pepela (3,58 % prema 1,42 %). Sadržaj proteina i mineralnih tvari kod obje vrste tijekom mjeseci nije imao velike oscilacije.

### 4.3. USPOREDBA REZULTATA MASNOKISELINSKOG SASTAVA SA REZULTATIMA IZ LITERATURE

Kao što su brojni znanstvenici u svojim radovima potvrdili, tako je i u ovom radu najzastupljenija zasićena masna kiselina palmitinska (C16:0) čija je vrijednost u travnju iznosila  $24,68 \% \pm 0,02$ . Udio palmitinske kiseline u prosincu iznosio je  $28,04 \% \pm 0,92$  (Kacem i suradnici, 2011), te u veljači  $23,9 \% \pm 0,42$  (Ben Rebah i suradnici, 2010). Razlika u navedenim podacima vjerojatno je posljedica djelovanja brojnih čimbenika poput mjesta izlova te sezone mrijesta. Iako su Bandarre i suradnici (1997) izjavili da sezona mrijesta ne utječe na varijacije palmitinske kiseline, Pacetti i suradnici (2013) u svom su radu opovrgnuli tu tvrdnju.

Oleinska (C18:1) i palmitoleinska (C16:1) kiselina dominiraju među mononezasićenim masnim kiselinama. Prema rezultatima ovog rada oleinska kiselina je ima znatno veći udio (9,65 %) u odnosu na palmitoleinsku (1,76 %), što se ne slaže s podacima koje su dobili Kacem i suradnici (2011). Kod Özogul i Özogul (2007) udio palmitoleinske kiseline je također znatno veći u odnosu na oleinsku (11,7 % prema 5,57 %).

Polinezasićene masne kiseline imaju najveći udio u ukupnim masnim kiselinama srdele goleme izlovljene iz Jadranskog mora tijekom travnja lipnja i kolovoza (41,50 %-49,01 %-53,02 %), a prevladavaju EPA (C20:5) i DHA (C22:6). EPA je najvažnija esencijalna masna kiselina u prehrani ljudi (Chen i sur., 1995). Najviše vrijednosti eikosapenteanske kiseline zabilježene su u travnju (7,89 %), no nešto više vrijednosti zabilježene su u radovima Telahigue i sur., (2013) te kod Özogul i Özogul (2007). DHA čini većinu frakcije posebice u kolovozu (42,62 %) i lipnju (42,46 %), dok je u travnju zabilježena značajno niža vrijednost (27,18 %). Vrijednosti ovog rada su višestruko veće u odnosu na dobivene vrijednosti Telahigue i sur., (2013) te Özogul i Özogul (2007). Razlike proizlaze iz činjenice da su se uzorci prikupljali tijekom različitih razdoblja godine i na različitim lokacijama.

U istraživanju kojeg su proveli Biton-Porsmoguer i suradnici (2020) odredili su ukupni udio zasićenih, mononezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina srdele i inćuna. Ukupni udio SFA varirao je između 37,49 % i 46,33 % u srdeli te između 33,52 % i 43,50 % u inćuna. Na temelju ovih podataka možemo zaključiti da srdela golema ima relativno sličan udio SFA. Međutim udio MUFA u srdele goleme je niži u odnosu na srdelu i inćune, gdje je zabilježena



vrijednost varirala između 20,33 % i 23,61 % u srdeli te u inćunima između 15,59 % i 17,15 %. Srdela golema je znatno bolji izvor polinezasićenih masnih kiselina u odnosu na srdelu (41,50 %-53,02 % prema 33,32 %-38,88 %), dok inćuni imaju nešto veći udio (39,34 %-50,90 % prema 41,50 %-53,03 %). Koliki utjecaj ima mjesto izlova te hrana kojom se hrane ribe dokazuju podaci koje su u svom radu objavili Benguendouz i suradnici (2017). Tako je ukupni udio PUFA srdele ulovljene u Alžiru iznosio je 40,95 %, u Mostganemu zabilježena je najveća vrijednost 47,96 %, a u sjeverozapadnom Alžiru tek 36,63 %.

Adekvatan unos EPA i DHA nije točno definiran te on ovisi o brojnim čimbenicima. Musa-Veloso i suradnici (2011) za zdrave osobe preporučuju dnevni unos od  $\geq 250$  mg koji se može ostvariti konzumacijom 2 serviranja ribe tjedno od čega jedno serviranje mora biti masna riba. Srdela golema Jadranskog mora ima niži udio EPA i DHA u odnosu na srdelu (*Sardina pilchardus*) Mostganema (87,33 mg/100 grama prema 571,25 mg/100 grama) za EPA te (904,39 mg/100 g prema 1445,46 mg/100g) za DHA (Bouderoua i sur., 2011).

## 5. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenog istraživanja i dobivenih rezultata možemo zaključiti:

Osnovni kemijski sastav varira tijekom godine kao posljedica različitih faza u reproduktivnom ciklusu.

Najveći udio masti utvrđen je u travnju i iznosio je  $3,11 \pm 0,13$  g/100 g.

Udjeli proteina, vode i pepela pokazuju manje varijacije tijekom mjeseci.

Udio PUFA se značajno povećao od travnja do kolovoza, dok su SFA i MUFA zabilježile blagi pad tijekom mjeseci.

Najzastupljenije PUFA su EPA i DHA. Najviši udio DHA izmjeren je u kolovozu i iznosio je  $42,62 \pm 1,29$  g/100g, dok je najviša izmjerena vrijednost EPA u travnju iznosila  $7,89 \pm 0,01$  g/100g.

Po svom sastavu, srdela golema je bolji izvor proteina u odnosu na incune i srdele, ali lošiji izvor masti u odnosu na navedene.

## 6. LITERATURA

Anonymous (2006) FAO annual yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics, <[www.fao.org](http://www.fao.org)>. Pristupljeno 18. travnja 2020.

Anonymous (2020) Rasprostranjenost Srdele goleme, <<http://www.fao.org/fishery/species/2088/en>>. Pristupljeno 16. travnja 2020.

Anonymous 1 <<https://www.submania.hr/index.php/podvodni-ribolov/biologija-mora/420-najslabija-karika>>. Pristupljeno 18. srpnja, 2020.

Auchterlonie, N. (2018) The continuing importance of fishmeal and fish oil in aquafeeds Presented at the Aquafarm Conference, <<https://www.iffo.com/system/files/downloads/AquaFarm%20Feb18%20NA.pdf>>. Pristupljeno 25. veljače, 2021.

Bănaru, D., Mellon-Duval, C., Roos, D., Bigot, J.L., Souplet, A., Jadaud, A., Beaubrun, P., Fromentin, J.M. (2013) Trophic structure in the Gulf of Lions marine ecosystem (north-western Mediterranean Sea) and fishing impacts. *J. Mar. Syst.* **111**, 45–68.

Bandarra, N., Batista, I., Nunes, M. L., Empis, J. M., Christie, W. W. (1997) Seasonal changes in lipid composition of sardine (*Sardina pilchardus*). *J. Food Sci.* **62**, 40-42.

Barrero, M., Bello, R. A. (2000) Characterization of Sardine Minced Flesh (*Sardinella aurita*) Washed with Different Solutions. *J. Aquat. Food Prod. T.* **9**(3), 105-114.

Ben Rebah, F., Abdelmouleh, A., Kammoun, W., Yezza, A. (2010) Seasonal variation of lipid content and fatty acid composition of *Sardinella aurita* from the Tunisian coast. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.*, **90**(3), 569-573.

Benguendouz, A., Boudroua, K., Bouterfa, A., Belabes, M., Bekada, A., Sioriki, E., Zabetakis, I. (2017) Fatty acid profile and assessment of heavy metals content of *Sardina pilchardus* captured in the Algerian coast. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* **16**(3), 1021-1029.

Biton-Porsmoguer, S., Bou, R., Lloret, E., Alcaide, M., Lloret, J. (2020) Fatty acid composition and parasitism of European sardine (*Sardina pilchardus*) and anchovy (*engraulis*

*encrasicolus*) populations in the northern Catalan Sea in the context of changing environmental condition. *Conservation Physiology* **8**, 121.

Bogut, I., Opačak, A., Stević, S., Bogut, S. (1996) Nutritivna i protektivna vrijednost riba s osvrtom na omega-3 masne kiseline. *Ribarstvo* **54**, 21-37.

Bouderoua, K., Mouroz, J., Benmehdi-Tabet-Aoull, F., Selselet-Attou, G. (2011) The Effects of Season and Site of Catch on Morphometric Characteristics, Mineral Content, and Fatty Acids of Sardines (*Sardina pilchardus*) Caught on the Algerian Coast. *J. Aquat. Food Prod. T.* **20**(4), 412-420.

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

Chen, I.-C., Champan, F. A., Wei, C.-I., Porteir, K. M., O'Keefe, S. F. (1995) Differentiation of cultured and wild sturgeon (*Acipenser oxyrinchus desotoi*) based on fatty acid composition. *J. Food Sci.* **60**(3), 631-635.

Cury, P., Bakun, A., Crawford, R.J.M., Jarre, A., Quinones, R.A., Shannon, L.J., Verheye, H.M. (2000) Small pelagics in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in “waspwaist” ecosystems. *ICES J. Mar. Sci.* **57**, 603–618.

Dulčić, J., Dragičević, B. (2011) New fishes for the Adriatic and Mediterranean Sea. *Institute of Oceanography and Fisheries and DZZP* 160.

EU. (2016) Facts and Figures on the Common Fisheries Policy. *Publications Office of the European Union*. [online]  
<[https://ec.europa.eu/fisheries/sites/fisheries/files/docs/body/pcp\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/fisheries/sites/fisheries/files/docs/body/pcp_en.pdf)>. Pristupljeno 9. siječnja 2021.

EUMOFA (2015) The EU fish market. Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries of the European Commission, Brussels, p 66.

FAO (1988) Manual of Fish Canning. *FAO Fisheries technical paper* 285.  
<<http://www.fao.org/publications/card/en/c/61868ab0-a946-5173-985b-ed93a09dcc1d/>>.  
Pristupljeno 20. svibnja 2020.

FAO (2016) Report of the FAO working group on the assessment of small pelagic fish off Northwest Africa. *FAO Fisheries and Aquaculture Report*, 1122. <[www.fao.org/docrep/017/i3135b/i3135b.pdf](http://www.fao.org/docrep/017/i3135b/i3135b.pdf)>. Pristupljeno 14.10.2020.

Fréon, P. (1988) Réponses et adaptations des stocks de Clupéidés d'Afrique de l'Ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation: analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal (doktorska disertacija), Sveučilište u Aixu Marseille II, Marseille.

Givens, D. I., Kliem, K. E., Gibbs, R. A. (2006) The role of meat as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. *Meat Sci.* **74**, 209-218.

Gram, L., Huss, H. H. (2000) Fresh and processed fish and shellfish. *The Microbiological Safety and Quality of Food* **1**, 472-506.

Greenfield, H., Southgate, D. A. T. (2003) Food composition data. Production management and use. FAO: Rome.

Harris, W.S. (2010) The omega-3 Index: Clinical Utility for Therapeutic Intervention. *Curr. Cardiol. Rep.* **12**, 503-508.

Herceg, Z. (1987) Prerada ribe u riblje konzerve. *Morsko ribarstvo* **1**, 9-14.

ISO 5508:1990, Internacional standard of animal and vegetable oils and fats – Analysis by gas chromatography of methyl esters of fatty acids.

ISO 5509:2000, Internacional standard of animal and vegetable oils and fats – Preparation of methyl esters of fatty acids.

Johnsen, P. B. (1991) Aquaculture product quality issues: market position opportunities under mandatory seafood inspection regulations, *J. Anim. Sci.* **69**(10), 4209-4215.

Judge, M. P., Harel, O., Lammi-Keefe, C. J. (2007) Maternal consumption of a docosahexaenoic acid-containing function food during pregnancy: benefit for infant performance on problem-solving but not on recognition memory tasks at age 9 mo. *Am. J. Clin. Nutr.* **85**, 1572-1577.

Karakoltsidis, P. A., Zotos, A., Constantinides, S.M. (1995) Composition of the commercially important Mediterranean finfish, crustaceans, and molluscs. *J. Food Compos. Anal.* **8**, 258-273.

- Katavić, I., Vodopija, T. (2001) Razvojne mogućnosti marikulture u Republici Hrvatskoj. *Ribarstvo* **59**(2), 71-84.
- Kozarić, Z. (2001) Morfologija riba. Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za anatomiju histologiju i embriologiju, Zagreb, str. 48-53.
- Krželj, M. (2010) Utjecaj klimatskih promjena na morski okoliš. *Paediatr. Croat.* **54**, 18-23.
- Lin, P. Y., Su, K. P. (2007) A meta-analytic review of double-blind, placebo-controlled trials of antidepressant efficacy of omega-3 fatty acids. *J. Clin. Psychiatry* **68**(7), 1051-1061.
- Longhurst, A. R., Pauly, D. (1987) Ecology of tropical oceans. Academic Press, Sand Diego, 407.
- Marin, M., Polak, T., Gašperlin, L., Žlender, B. (2010) Variations in the fatty acid composition and nutritional value of Adriatic sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) through the fishing season. *Acta agriculturae Slovenica* **2**(96), 95-101.
- Miller, M.R., Nichols, P.D., Carter, C.G. (2008) n-3 Oil sources for use in aquaculture- Alternatives to the unsustainable harvest to wild fish. *Nutr. Res. Rev.* **21**(2), 85-96.
- Morote, E., Olivar, M. P., Villate, F., Uriarte, I. (2008) Diet of round sardinella, *Sardinella aurita*, larvae in relation to plankton availability in the NW Mediterranean. *J. Plankton Res.* **30**(7), 807-816.
- Musa-Veloso, K., Binns, M.A., Kocenas, A., Chung, C., Rice, H., Oppedal-Olsen, H., Lloyd H., Lemke, S. (2011) Impact of low v. moderate intakes of long-chain n-3 fatty acids on risk of coronary heart disease. *Brit. J. Nutr.* **106**, 1129-1141.
- Mustać, B. (2010) Srdela golema, *Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847.- dinamika, ribarstveno biološki značajke, te iskorištavanje populacije. Doktorska disertacija, Agronomski fakultet, Zagreb.
- Mustać, B., Sinovčić, G. (2011) Reproductive cycle of gilt sardine, *Sardinella aurita*, Valenciennes 1847, in the eastern middle Adriatic Sea. *J. Appl. Ichthyol.* **28**,46–50.
- Mustać, B., Sinovčić, G. (2012) Seasonal variations of lipid and moisture content in relation to sexual cycle of round sardinella *Sardinella aurita* Valenciennes 1847 in the eastern middle Adriatic Sea. *Cah. Biol. Mar.* **53**, 205-211.

- Özogul, Y., Özogul, F. (2007) Fatty acid profiles of commercially important fish species from the Mediterranean, Aegean and Black Seas. *Food Chem.* **100**(4), 1634-1638.
- Pacetti, D., Balzano, M., Colella, S., Santojanni, A., Frega, N. G. (2013) Effect of Spawning on Furan Fatty Acid Profile of Edible Muscle and Organ Tissues from Sardine (*Sardina pilchardus*) and Anchovy (*Engraulis encrasicolus*). *J. Agr. Food Chem.* **61**(16), 3969-3977.
- Palomera, I., Olivar, M. P., Salat, J., Sabates, A., Coll, A., Garcia, A., Morales-Nin, B. (2007) Small pelagic fish in the NW Mediterranean Sea. *An ecological review* **74**(2-3), 377-396.
- Ramakrishnan, U., Stein, A.D., Parra-Cabrera, S., Wang, M., Imhoff-Kunsch, B., Juarez-Marquez, S., Rivera, S., Martorell, R. (2010) Effects of docosahexaenoic acid supplementation during pregnancy on gestational age and size at birth: randomized, double-blind, placebo-controlled trial in Mexico. *Food Nutr. Bull.* **31**, 108-116.
- Riediger, N.D., Othman, R.A, Suh, M., Moghadasian, M.H. (2009) A systemic review of the roles of n-3 fatty acids in health and disease. *J. Am. Diet. Assoc.* **109**(4), 668-79.
- Sarojnalini, C., Hei, A. (2019) Fish as an important functional food for quality life. U: Functional foods, (Lagouri, V., ured.), IntechOpen, London, str. 77-97.
- Simopoulos, A. P. (1991) Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am. J. Clin. Nutr.* **54**, 438-463.
- Sinovčić, G., Franicevic, M., Cikes Kec, V. (2004) Unusual occurrence and some aspects of biology of juvenile gilt sardine (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) in the Zrmanja River estuary (eastern Adriatic). *J. Appl. Achthyol.* **20**, 53-57.
- Sprague, M., Betancor, M. B., Tocher, D. R. (2017) Microbial and genetically engineered oils as replacements for fish oil in aquaculture feeds. *Biotechnol. Lett.* **39**, 1599-1609.
- Šimat, A., Bogdanović, T. (2012) Seasonal changes in proximate composition of anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L.) from the central Adriatic. *Acta Adriat.* **53**, 125-131.
- Škugor, G., Gaćina, N. (2012) Funkcionalna hrana mediteranske prehrane. *Zbornik radova Veleučilišta u Šibeniku* **1**(6), 107-126.
- Šoša, B. (1989) Higijena i tehnologija prerade morske ribe. Školska knjiga, Zagreb, str. 7-17, 21-23, 121-137.

Telahigue, K., Hajji, T., Rabeh, I., El Cafsi, M. (2013) The changes of fatty acid composition in sun dried, oven dried and frozen hake (*Merluccius merluccius*) and sardinella (*Sardinella aurita*). *Afr. J. Biochem. Res.* **7**, 158-164.

Tsikliras, A. C., Antonopoulou, E. (2006) Reproductive biology of round sardinella (*Sardinella aurita*) in north-eastern Mediterranean. *Sci. Mar.* **70**(2), 281-290.

Vidaček, S. (2013) Tehnologija ribe. Interna skripta, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Vranešić Bender, D. (2011) Omega-3 masne kiseline- svojstva i djelovanje. *Medix, God* **17**, 92-93.

Whitehead, P. J. P., Nelson, G. J., Wongratana, T. (1988) FAO Species Catalogue. Vol.7. Clupeoid fishes of the World (Suborder Clupeioidi). An annotated and illustrated catalogue of the Herrings, Sardines, Pilchardus, Sprats, Chads, Anchovies and Wolf-herrings. Part 2: Engraulidadae. *FAO Fish. Synop.* **7**, 305-579.

Žlender, B. (2000) Morske in slatkovodne ribe. Sestava in kakovost mesa rib. *Meso in mesnina* **1**, 42-43.



## IZJAVA O IZVORNOSTI

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

---

Ime i prezime studenta