

# Sezonske varijacije osnovnog kemijskog sastava i sastava masnih kiselina petrovog uha (*Haliotis tuberculata*) iz Jadranskog mora

---

Obradović, Željana

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:159:406240>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-13**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

# DIPLOMSKI RAD

Zagreb, srpanj 2022.

Željana Obradović

SEZONSKE VARIJACIJE  
OSNOVNOG KEMIJSKOG  
SASTAVA I SASTAVA MASNIH  
KISELINA PETROVOG UHA  
*(Haliotis tuberculata)* IZ  
JADRANSKOG MORA

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

## ZAHVALA

*Zahvaljujem se doc. dr. sc. Tiboru Jančiju, svom mentoru, na strpljenju, razumijevanju, potpori i vedrom duhu kao i na savjetima koje mi je dao tijekom izrade diplomskog rada.*

*Hvala svim mojim prijateljima zbog kojih će mi studentski dani zauvijek ostati u najljepšem sjećanju.*

*Na kraju, najveće hvala mojoj obitelji, tati Željku, mami Ivki, bratu Ivanu i sestrama Ani i Nikolini na bezuvjetnoj ljubavi i podršci tijekom cijelog života, a posebno tijekom studiranja.*

*Volim vas!*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

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

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Diplomski sveučilišni studij: Prehrambeno inženjerstvo

### SEZONSKE VARIJACIJE OSNOVNOG KEMIJSKOG SASTAVA I SASTAVA MASNIH KISELINA PETROVOG UHA (*Haliotis tuberculata*) IZ JADRANSKOG MORA

Željana Obradović, univ. bacc. ing. techn. aliment.  
0058218726

#### Sažetak:

Petrovo uho (*Haliotis tuberculata* L.) je morski puž koji primarno naseljava istočnu atlantsku obalu, no nalazi ga se i u Mediteranu, a posebice u sjevernom Jadranu. Lovi se u komercijalne svrhe, a u Hrvatskoj se ne uzgaja. Njegov kemijski sastav ovisi o vrsti, hranidbi, području koje nastanjuje te salinitetu vode. Cilj ovog istraživanja bio je analizirati udio vode, mineralnih tvari, proteina, masti i masnih kiselina petrovog uha izlovljenog u sjevernom Jadranskom moru, kod zapadne Istre (Hrvatska) tijekom godišnjih doba kako bi se usporedile varijacije kemijskog sastava. Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti da je najviši udio vode ljeti, dok je udio proteina i masti u tom periodu najmanji. Mononezasićene (MUFA) i zasićene masne kiseline (SFA) bilježe porast udjela tijekom ljeta, a smanjenje tijekom jeseni i zime, dok je udio polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) ljeti manji u odnosu na jesen i zimu.

**Ključne riječi:** *petrovo uho, mast, proteini, voda, masne kiseline*

**Rad sadrži:** 41 stranica, 13 slika, 5 tablica, 52 literaturna navoda, 0 priloga

**Jezik izvornika:** hrvatski

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

**Mentor:** doc. dr. sc. Tibor Janči

#### Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:

1. prof. dr. sc. Sanja Vidaček Filipec
2. doc. dr. sc. Tibor Janči
3. doc. dr. sc. Marko Obranovic
4. izv. prof. dr. sc. Klara Kraljić

**Datum obrane:** 21. srpnja 2022.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

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

**Scientific area:** Biotechnical Sciences

**Scientific field:** Food Technology

**Graduate university study programme:** Food Engineering

### SEASONAL VARIATIONS IN CHEMICAL COMPOSITION AND FATTY ACID PROFILE OF EUROPEAN ABALONE (*Haliotis tuberculata*) FROM THE ADRIATIC SEA

Željana Obradović, univ. bacc. ing. techn.  
0058218726

#### **Abstract:**

Abalone (*Haliotis tuberculata* L.) is a sea snail that primarily inhabits the eastern Atlantic coast, but is also found in the Mediterranean, especially in the northern Adriatic. It is hunted for commercial purposes, and is not cultivated in Croatia. Its chemical composition depends on the species, nutrition, the area it forms and the salinity of the water. The aim of this study was to analyze the content of water, minerals, proteins, fats and fatty acids of abalone caught in the northern Adriatic Sea, in western Istria (Croatia) during the seasons to compare variations in chemical composition. From the obtained results we can conclude that the highest content of water is in summer, while the content of protein and fat in that period is the lowest. Monounsaturated (MUFA) and saturated fatty acids (SFA) recorded an increase in the content during the summer and a decrease during the autumn and winter, while the content of polyunsaturated fatty acids (PUFA) in the summer was lower than in the autumn and winter.

**Keywords:** *abalone, fat, protein, water, fatty acids*

**Thesis contains:** 41 pages, 13 figures, 5 tables, 52 references, 0 supplements

**Original in:** Croatian

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

**Mentor:** Tibor Janči, PhD

#### **Reviewers:**

1. Sanja Vidaček Filipec, PhD, Associate professor
2. Tibor Janči, PhD, Assistant Professor
3. Marko Obranovic, PhD, Assistant Professor
4. Klara Kraljić, PhD, Associate professor

**Thesis defended:** July 21<sup>st</sup> 2022.

## Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	2
2.1. KOMERCIJALNI IZLOV PETROVOG UHA .....	3
2.2. AKVAKULTURNA PROIZVODNJA PETROVOG UHA.....	5
2.3. SVJETSKO TRŽIŠTE I KOMERCIJALNI PROIZVODI PETROVOG UHA.....	8
2.4. KEMIJSKI SASTAV I NUTRITIVNA VRIJEDNOST .....	9
2.4.1. Utjecaj omega-3 masnih kiselina na zdravlje ljudi .....	11
2.4.2. Bioaktivni spojevi .....	12
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	14
3.1. MATERIJALI .....	14
3.2. METODE .....	16
3.2.1. Određivanje udjela vode .....	16
3.2.2. Određivanje udjela proteina po Kjeldahlu .....	17
3.2.3. Određivanje ukupnog udjela masti .....	19
3.2.4. Određivanje količine mineralnih tvari .....	21
3.2.5. Određivanje sastava masnih kiselina .....	22
3.2.6. Statistička obrada podataka .....	24
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA</b> .....	25
4.1. UDIO VODE.....	25
4.2. UDIO PROTEINA .....	27
4.3. UDIO MASTI .....	28
4.4. UDIO PEPELA .....	29
4.5. SASTAV MASNIH KISELINA .....	31
4.5.1. Zasićene masne kiseline .....	31
4.5.2. Mononezasićene masne kiseline .....	32
4.5.3. Polinezasićene masne kiseline .....	33
<b>5. ZAKLJUČCI</b> .....	36
<b>6. LITERATURA</b> .....	37



# 1. UVOD

Petrovo uho (*Haliotis tuberculata*) pripada rodu priobalnih morskih puževa prednjoškržnjaka plosnate kućice, s nizom rupica na hrptu i sedefnim slojem iznutra. Zbog svog izgleda često se koristi za izradu nakita. Poznato je približno 50 vrsta, povezanih sa stjenovitim staništima.

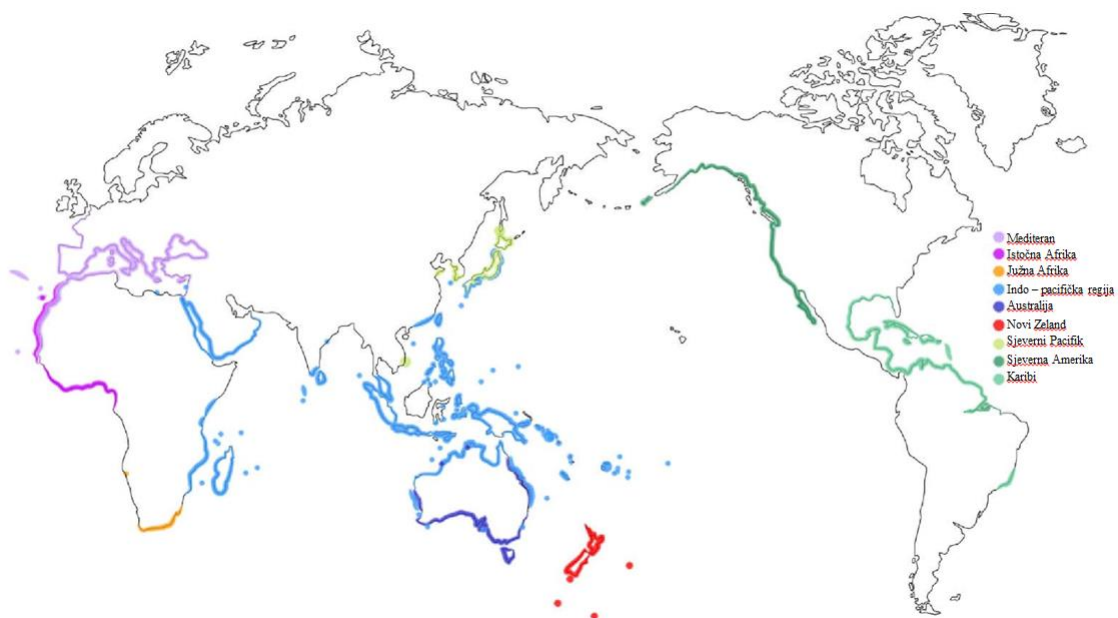
Svjetska ponuda petrovog uha povećala se pet puta tijekom posljednja četiri desetljeća, uglavnom zbog povećane prakse uzgoja. Dobar izvor proteina, lipida, esencijalnih masnih kiselina i aminokiselina (Latuihamallo i sur., 2015), petrovo uho se smatra funkcionalnom hranom u različitim kulturama koje vjeruju da konzumacija donosi zdravstvene dobrobiti (Li i sur., 2003).

Nedavna istraživanja su otkrila da petrovo uho sadrži mnoge bioaktivne molekule poput polisaharida, proteina i masnih kiselina koje imaju potencijalno pozitivne učinke na zdravlje konzumenata. Potencijalni učinci koji se pripisuju bioaktivnim spojevima petrova uha uključuju antioksidativno, antitrombotičko, protuupalno, antimikrobno i antikancerogeno djelovanje (Suleria i sur., 2015).

Prema dostupnoj literaturi, petrovo uho se može loviti tijekom cijele godine, no najčešće i najbolje ga je loviti u ljeto i jesen jer je tada najkvalitetniji i najpuniji mesom (Elston i Ford, 2011). Budući da kemijski sastav i ostali kvalitativni parametri mogu značajno varirati ovisno o vrsti, geografskom području i dobu godine, cilj ovog rada bio je dobiti podatke o osnovnom kemijskom sastavu i sastavu masnih kiselina jadranske vrste petrovog uha izlovljene tijekom različitih godišnjih doba te ih usporediti promjene istih ovisno o sezonama.

## 2. TEORIJSKI DIO

Petrovo uho se svrstava u porodicu *Haliotidae*, rod *Haliotis*. Broj priznatih vrsta u svijetu kreće se između 30 i 130. Petrovo uho je biljožder koji živi na grebenima, široko rasprostranjen u umjerenim i tropskim obalnim vodama, po stjenovitim staništima u Australiji, Novom Zelandu, Japanu, Pacifiku u Sjevernoj Americi i Južnoj Africi (slika 1).



**Slika 1.** Geografska rasprostranjenost petrovog uha (prema Will, 2009)

Ljušture petrova uha imaju nisku, otvorenu spiralnu strukturu, a karakterizira ih nekoliko otvorenih respiratornih pora u nizu blizu vanjskog ruba ljuške. Debeli unutarnji sloj ljušture sastoji se od sedefa, koji je kod mnogih vrsta jako preliven, stvarajući niz jakih, promjenjivih boja koje čine školjke privlačnima ljudima kao ukrasni predmeti, nakit, i kao izvor šarenog sedefa. Meso petrovog uha široko se smatra poželjnom hranom, a konzumira se sirovo ili kuhano u raznim kulturama. Prosječna veličina petrova uha je 10 cm, manja veličina od 6,5 cm predstavlja primjerke vrhunske kvalitete samim tim i više cijene. Petrova uha u

Jadranskom moru dosta su manja u usporedbi s oceanskim vrstama, što je u ovom slučaju prednost budući da manji primjerci postižu bolju cijenu (Oakes i Ponte, 1996).

## 2.1. KOMERCIJALNI IZLOV PETROVOG UHA

Svjetska ponuda petrovog uha povećala se pet puta tijekom posljednja četiri desetljeća, uglavnom zbog povećane prakse uzgoja. Berba je u većini zemalja regulirana zbog sporog rasta i visoke vrijednosti. Australija, Novi Zeland, Južna Afrika i Sjedinjene Države primijenile su ograničenja veličine i ulova i zatvorene sezone, iako s različitim stupnjevima uspjeha u upravljanju. Petrovo uho živi na tvrdim kamenitim podlogama priobalja. Ono se mišićavim stopalom pričvršćuju na kamenite podloge, a ručno se uklanjaju tupim nožem ili sličnim alatom (slika 2). Posebno rado obitavaju uz kamene nasipe i zidove držeći se pojasa plime i oseke. Najbrojniji su pri dnu nasipa i zidova, osobito na položajima manjeg udara mora. Loviti se mogu u svako doba godine, najlakše i najviše ljeti i u jesen, kada su i najkvalitetniji, najpuniji mesom (Elston i Ford, 2011).



**Slika 2.** Tek izlovljene školjke petrova uha (Gaughan i Santoro, 2021)

U 1970-ima globalna je opskrba bila ograničena na 20370 t, uglavnom ubranih divljih zaliha (Cook i sur., 2010). U tom razdoblju uzgoj petrovog uha praktički nije postojao, a legalni ulov procijenjen je na 20000 t. Preostalih 370 tona uključuje akvakulturnu proizvodnju i ilegalnu žetvu divlje populacije petrovog uha. Međutim, do 2013. godine proizvodnja petrovog uha na farmi procijenjena je na 103464 t (Park i sur., 2014) uz legalne berbe divlje populacije procijenjene na manje od 8000 t (Cook i sur., 2010). Kina i Koreja su dva najveća proizvođača uzgojenog petrovog uha u svijetu. Godine 2013. u Kini je postojalo više od 300 funkcionalnih farmi petrovog uha (Park i sur., 2014), od kojih su neke svjetski poznate po svojoj učinkovitoj proizvodnji.

Farme petrovog uha također se mogu naći u Velikoj Britaniji, Irskoj, Kanalskim otocima, Španjolskoj i Francuskoj (Cook i sur., 2010). Neke farme petrovog uha prisutne su u Čileu, Japanu, Južnoj Africi, Australiji, Tajvanu, Novom Zelandu, Meksiku, Tajlandu i Filipinima koje će doprinijeti u povećanju proizvodnje petrovog uha u bliskoj budućnosti (Cook i sur., 2010). S obzirom na legalnu žetvu divljih zaliha, Australija opskrbljuje više od 50 % svjetskog tržišta. Nedavno su dekomercijalizirana dva najveća svjetska proizvođača petrovog uha, SAD i Južna Afrika, a Japan i Novi Zeland su ostali glavni proizvođači divljeg petrovog uha (Cook i sur., 2010).

Koreja je također glavni dobavljač petrovog uha na svjetskom tržištu, a njezina je akvakulturna proizvodnja porasla na više od 60 puta u posljednjih 10 godina na procijenjenih 4500 t u 2007., 6288 tona u 2010., a očekuje se da će dostići više od 10000 t do 2015. godine (Park i sur., 2014). Oko 85 % petrovog uha uzgojenih u Koreji izvozi se u Japan, što uvelike utječe na svjetsko tržište. *H. discushannai* je jedna od najpoznatijih vrsta koja se prodaje po vrlo visokim cijenama na japanskom tržištu. U Europi postoji nekoliko malih farmi petrovog uha, ali je opseg tržišta relativno nizak u usporedbi s Azijom.

## 2.2. AKVAKULTURNA PROIZVODNJA PETROVOG UHA

Akvakulturu bi trebalo shvatiti kao uzgoj ili kultiviranje vodenih organizama korištenjem tehnika za povećanje proizvodnje tih organizama izvan prirodnih kapaciteta okoliša. Organizmi ostaju u vlasništvu fizičke ili pravne osobe tijekom faze uzgoja ili kultiviranja, sve do, i uključujući trenutak izlova.

Za akvakulturni uzgoj različitih vrsta školjkaša poput kamenica, dagnji, jakobovih kapica i srodnih vrsta postoje dobro razrađene metode uzgoja koje se mogu razlikovati, ovisno o specifičnostima određene lokacije ili uzgajane vrste. Na području Europe to nije slučaj jer je u Europi uzgoj petrovog uha u počecima i nije toliko razvijen kao u nekim drugim dijelovima svijeta (Dumbauld i sur., 2009).

Tijekom proteklih 50 godina metode uzgoja su se razvile, što je dovelo do postupnog intenziviranja proizvodnje, budući da je unaprijeđeno umjetno hranjenje kao i tehnologija upravljanja parametrima vodenog okoliša. Godine 2004. 60 % farmi petrovog uha u Kini bilo je na kopnu, ali do 2010. više od 95 % je u moru. Uzgoj petrovog uha na kopnu podrazumjeva uzgoj u bazenima i spremnicima (slika 3). Bazeni na kopnu razvili su se tijekom intenzifikacije akvakulture u lagunama i plitkim obalnim područjima, u uvjetima kad niska područja obale mogu imati koristi od povremenih poplavlivanja uslijed proljetnih plima. Suvremeniji sustavi bazena izgrađeni su iznad najviše razine proljetne plime. Ovi sustavi su uobičajeno plitki (npr. dubina bazena od 0,75 do 1,5 m), ekstenzivni i stoga prilično veliki. U takvim bazenima može se uzgajati riba, kozice i školjkaši. Uzgajališta koriste različite razine gustoće nasada i veličine bazena, ali to su općenito polu-intenzivni sustavi koji pokrivaju velika područja, bazeni u rasponu od jednog do nekoliko hektara (Održiva akvakultura u kontekstu ekološke mreže, 2000).



**Slika 3.** Uzgoj petrovog uha na kopnu (Moodley i sur., 2014)

Na kopnu se akvakultura može odvijati i u spremnicima s morskom vodom. Sustav spremnika na kopnu predstavlja oblik intenzivnog uzgoja visokovrijednih riba. Veći dio sustava je zatvoren, a rastilišta su ograničena na mjesta koja su odvojena od vanjskog okoliša filtrima i odvodima. Mnoga takva uzgajališta imaju recirkulacijske sustave i čak mogu koristiti umjetnu morsku vodu, čime se smanjuje pritjecanje i ispuštanje vode do i iz uzgajališta. Napredak u recirkulacijskoj tehnologiji danas otvara nove mogućnosti za akvakulturu na kopnu. Istražuje se njezina upotreba za uzgoj različitih vrsta. Mogućnost kontrole vodnih parametara, osobito njezine temperature, uklanja klimatska ograničenja (Održiva akvakultura u kontekstu ekološke mreže, 2000).

Uzgoj petrovog uha na moru podrazumjeva akvakulturne sustave u moru koji se sastoje od plutajućih pravokutnih ili kružnih okvira na kojima je razapeta mreža koja formira zatvoreni bazen unutar kojeg se vrši uzgoj (slika 4). Takvi morski kavezi se često koriste u obalnim i otvorenim vodama. Otvorenost sustava čini ga osjetljivim na vanjske utjecaje (tj. incidentna

zagađenja ili fizički utjecaj), kao i na izloženost neposrednog okoliša uzgojnoj ribi i otpadnim vodama ribogojilišta (Održiva akvakultura u kontekstu ekološke mreže, 2000).



**Slika 4.** Uzgoj petrovog uha na moru (Fuijan SC, 2020)

Akvakulturna proizvodnja petrovog uha oslanja se na ličinke iz mrijestilišta. Matice polažu jaja na sličan način kao i druge školjke. Ličinke petrovog uha razvijaju se 7 dana ili kraće, i tijekom tog perioda se ne hrane, samim tim nema potrebe osiguravati alge za njihov rast i razvoj. Tijekom kolonizacije, ličinke se metamorfiziraju u oblik u kojem žive na dnu.

Prijelazni stadij od ličinki do naseljenih jedinki predstavlja razdoblje s najvećom stopom mortaliteta. Tijekom kolonizacije, ličinke se potiču da se pričvrste za valovitu plastiku ili pločice, na kojima se razvijaju stanice algi i bakterija. Mladunci se hrane filmom i prenose se u rasadnike za uzgoj kako bi se rast nastavio. Isprobane su i mogućnosti uzgoja na otvorenom moru ili poribljavanja u siromašnim područjima, ali nedostatak je taj da je kontrola nad ostalim životinjama na otvorenom moru nemoguća (Elston i Ford, 2011).

### 2.3. SVJETSKO TRŽIŠTE I KOMERCIJALNI PROIZVODI PETROVOG UHA

Većina australske proizvodnje petrovog uha na tržište se plasira u obliku konzervi, s 2340 t (60 milijuna američkih dolara) izvezenih u Hong Kong (40 %), Japan (27 %) i Tajvan (20 %) u razdoblju 1999-2000 (Duncan, 2003).

Ostale vrste proizvoda za divlje i uzgojeno petrovo uho uključuju; prokuhano i smrznuto na ljusci, sušeni, živi, rashlađeno, smrznuto ili soljeno meso i vakuumsko pakiranje (slika 5).



**Slika 5.** Sušeni, živi, kuhani i konzervirani proizvodi petrovog uha (Abagold, 2015)

Potražnja za petrovim uhom u Kini, najvećem svjetskom potrošaču proizvoda, značajno se smanjila početkom 21. stoljeća, što je rezultiralo općim padom cijena. Slično u Japanu, nedavni pad nacionalnog gospodarstva rezultirao je smanjenom potražnjom za luksuznom hranom



(Cook i sur., 2010). Japan kao vrlo unosno tržište za vrhunske proizvode od petrovog uha predstavlja mjerilo u pogledu standarda kvalitete i preferencija potrošača. Tradicionalno japansko ribarstvo od velikog je kulturnog značenja jer definira preferencije okusa i kvalitete za potrošače proizvoda vrhunske kvalitete. Živo petrovo uho vrhunske kvalitete izlovljava se i prodaje, najčešće kao sastojak za pripremu sushi-ja i drugih konvencionalnih azijskih jela.

Standardna minimalna veličina preporučena za 'premium' proizvod namijenjen prodaji na japanskim tržištima trebala bi biti oko 9 cm i prodaje se u kilogramima (9-10 jedinki/kg). Relativno manje veličine (6,5 cm, 60-85 g, 15-20 jedinki/kg) primjerci vrhunske kvalitete imaju izvrsne cijene za kinesku, europsku, indonezijsku i korejsku kuhinju, jer su idealni za razna konvencionalna jela i predjela (Oakes i Ponte, 1996).

Restorani u SAD-u preferiraju da se petrovo uho poslužuje u obliku fileta ili 'odrezaka', gdje proces omekšava meso, dajući kriške bijele boje i nježnog raspona okusa. Konvencionalna baza za konzumaciju petrovog uha prvenstveno je smještena u Kaliforniji, gdje se smatrala regionalnom delikatesom i bila je zaslužna za procvat ribarske industrije do 1970-ih. Prekomjerni izlov, krivolov i neodržive proizvodne prakse doveli su cijene do te mjere da se petrovo uho sada smatra skupom i vrhunskom restoranskom delikatesom (Oakes i Ponte, 1996).

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

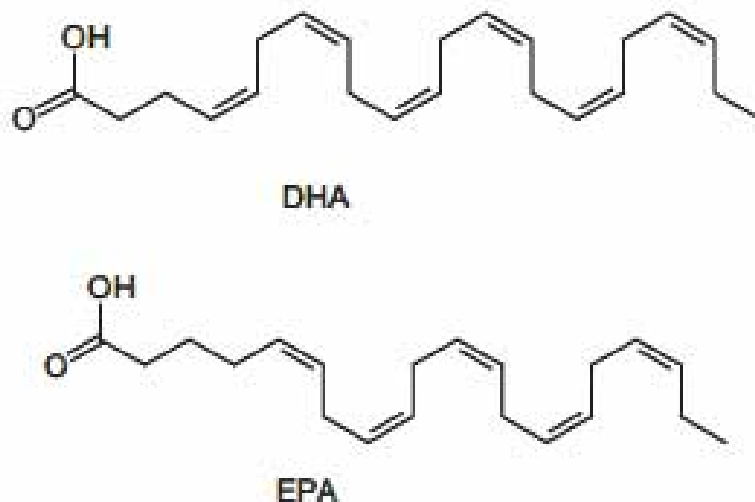
Zajedno s gospodarskim razvojem, potrošači pridaju sve veću pozornost nutritivnoj kvaliteti hrane kako bi promicali zdravlje, smanjili učestalost bolesti i produžili životni vijek kroz konzumaciju hranjivih tvari (Kim i sur., 2016). U posljednjih nekoliko godina propagira se prehrana konzumacijom plodova mora, jer je bogata proteinima, sadrži nisku razinu kolesterola i visok postotak polinezasićenih masnih kiselina te u mastima topivih vitamina i esencijalnih elemenata (Barrento i sur., 2008).

Petrovo uho se smatra "ginsengom oceana"; pokazuje učinke koji promiču zdravlje kroz hranjive tvari i bioaktivne komponente (De Zoysa, 2013), te se smatra delikatesom visoke komercijalne vrijednosti u azijskim zemljama (Vacquier i sur., 1999).

Ljuštura petrovog uha sadrži više od 90 % kalcij karbonata, i oko 3,67 % organske tvari. Petrovo uho je vrijedan izvor mikronutrijenata kao što su magnezij, željezo, silikati, sulfati, fosfati i klor (De Zoysa, 2013), te važnih esencijalnih aminokiselina poput lizina, histidina, tirozina. Redovit unos esencijalnih elemenata putem hrane od vitalnog je značenja, jer njihov nedostatak dovodi do nepravilnog metabolizma posredovanog enzimima, rezultira zatajanjem organa, kroničnih bolesti i na kraju smrti (FAO/WHO, 2002).

Osim toga petrovo uho izvor je vitamina B12 koji štiti crvene krvne stanice i cjelokupni živčani sustav. U petrovom uhu između ostalog se nalaze i vitamini A, B1, B2, C, D, E (De Zoysa, 2013). Niskokalorični su, te u 100 g jestivog dijela jedinke ima tek 40-80 kcal, imaju dobar profil masti i bogate su visokovrijednim bjelančevinama. Petrovog uha sadrži proteine (71,99 %), lipide (3,2 %), sirova vlakna (5,6 %), pepeo (11,11 %) i vodu (0,9 %), a školjka ima estetsku i ekonomsku vrijednost jer se može koristiti kao nakit. Prednost bjelančevina u školjkašima je laka probavljivost, bolje iskorištenje i pogodniji aminokiselinski sastav (Boye i sur., 2012).

Bogat su izvor omega-3 masnih kiselina, koje blagotvorno djeluju na krvožilni sustav, u obliku dokosaheksaenoične (DHA) i eikosapentaenske (EPA) kiseline (slika 6). DHA i EPA pozitivno djeluju na kognitivne funkcije, štite od karcinoma i kroničnih upalnih bolesti (Han i sur., 2015).



**Slika 6.** Kemijska struktura DHA i EPA masne kiseline (Ginekologija Boras, 2019)

### 2.4.1. Utjecaj omega-3 masnih kiselina na zdravlje ljudi

Masti su kemijski vrlo složene tvari koje predstavljaju smjese triglicerida viših masnih kiselina. 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 i sur., 1991). Ljudski organizam ne može sintetizirati omega-3 masne kiseline, stoga ih je nužno unositi hranom ili u obliku dodataka prehrani.

Skupina omega-3 masnih kiselina uključuje alfa-linolensku kiselinu (ALA), eikozapentaensku kiselinu (EPA) i dokozaheksaensku kiselinu (DHA) (Givens i sur., 2006). Najbolji izvori EPA i DHA su ribe (sardine, skuša, tuna, losos i haringa). Koncentracije u ribi iz uzgoja općenito su veće nego u ulovnoj ribi, ali to u konačnici ovisi o hrani kojom se hrane (Givens i sur., 2006). Preporučeni dnevni unos omega-3 i omega-6 masnih kiselina prema FDA je 3,0 g. Točan unos omega-3 masnih kiselina nije definiran, Givens i sur. (2006) navode da bi trebalo uzimati 450 mg/dan radi prevencije. Za pravilno funkcioniranje tijela važno je regulirati omjer omega-3 i omega-6 masnih kiselina. Tijekom posljednjih 150 godina, konzumacija omega-3 masnih kiselina smanjila se za 80 %, a unos omega-6 masnih kiselina se povećao. Razlog zbog kojeg bi se ta brojka trebala promijeniti je što nusproizvodi omega-6 masnih kiselina uzrokuju upalne procese, zgrušavanje krvi i potiču rast tumorskih stanica, dok omega-3 masne kiseline čine upravo suprotno. Preporuka Svjetske organizacije je da se nastoji prehranom unositi omjer omega-3 i omega-6 masnih kiselina u rasponu od 1:3 do 1:5 (Riediger i sur., 2009).

Neravnoteža omega-6 i omega-3 masnih kiselina u ljudskoj prehrani dovela je do dramatičnog povećanja srčanih bolesti, malignih bolesti i alergija u posljednjih 100-150 godina. Modernizacijom i razvojem poljoprivrede sve više proizvodnje mesa temelji se na intenzivnom tovu žitaricama. Na taj način se proizvodi meso bogato omega-6 masnim kiselinama. Slične promjene dogodile su se i u sastavu jestivih jaja i ribe (Simopoulos, 1991). Zanimanje za omega-3 masne kiseline naglo je poraslo tijekom posljednjih nekoliko desetljeća zbog povećane svijesti i vrijednih učinaka na zdravlje. Prvo, štiti srce i krvne žile, pomaže razvoju djece, sprječava i liječi kardiovaskularne bolesti. 400-500 mg dnevno je dovoljno za primarnu kardiovaskularnu prevenciju i 1000 mg EPA + DHA za sekundarnu kardiovaskularnu prevenciju (Ramakrishnan i sur., 2004).

Adekvatan unos omega-3 masnih kiselina tijekom trudnoće i dojenja može utjecati na normalan razvoj mozga i mrežnice (Ramakrishnan i sur., 2004). Judge i sur. (2007) u svojoj su studiji pokazali da djeca čije su majke uzimale DHA tijekom trudnoće imaju bolje vještine rješavanja problema i bolju koordinaciju oka i ruku od djece čije majke nisu uzimale DHA. Smanjenje DHA narušava kognitivne funkcije zbog starenja, dok povećani unos DHA poboljšava učenje i pamćenje. Zbog toga se od nedavno koristi za liječenje nekih psihijatrijskih poremećaja kao što su depresija, demencija, oštećenje pokretljivosti i nedostatak pažnje (Lin i Su, 2007).

#### 2.4.2. Bioaktivni spojevi

Morski organizmi se sve više istražuju kao izvori bioaktivnih molekula s terapijske primjene kao nutraceutici i farmaceutski proizvodi. Konkretno, nutraceutici stječu popularnost u cijelom svijetu zahvaljujući svom terapijskom potencijalu i uključenosti u funkcionalu hranu i dodataka prehrani. Petrovo uho sadrži razne bioaktivne tvari, spojevi koji djeluju antioksidativno, antitrombotičko, protuupalno, antimikrobno i antikancerogeno (Suleria i sur., 2015). Tisućama godina različite kulture su koristile uho kao tradicionalnu funkcionalnu hranu te se vjerovalo da konzumiranje uha donosi zdravstvene prednosti. Meso petrovog uha jedno je od najdragocjenijih roba na azijskim tržištima gdje se smatra delikatesom.

Nedavna istraživanja su otkrila da se petrovo uho sastoji od polisaharida, proteina i masnih kiselina koji imaju potencijalno pozitivne učinke na zdravlje konzumenata. Pregled prošlih i sadašnjih istraživanja je predstavljeno s relevantnošću za terapijski potencijal bioaktivnih molekula iz petrovog uha. Istraživanja su dokazala da u ekstraktima pripremljenim od stopala/mišića petrovog uha nalaze bioaktivne molekule s potencijalnim antioksidativnim terapijskim sredstvom (Suleria i sur., 2015).

Polisaharidi ili njihovi derivati su makromolekule koje su u izobilju dostupne i igraju važnu ulogu u raznim staničnim funkcijama uključujući prijenos signala, regulaciju imunološkog sustava, proliferaciju i diferencijaciju stanica, metaboličke putove i druge izravne bioaktivne funkcije (npr. ubijanje tumorskih stanica). Pored celuloze, hitin je najzastupljeniji polisaharid u prirodi. On se kemijskom deacetilacijom pretvara u biološki aktivni hitozan sa velikim rasponom zdravstvenih funkcija (Prashanth i Tharanathan, 2007). Zenth i sur. (2001) su ekstrahirali hitozan iz sedefa petrovog uha.

Školjke i rakovi se uglavnom koriste za dobivanje hitina, hitozana, kitoooligosaharida (COS) i ostalih derivata koji se koriste u različite biomedicinske svrhe (Kim, 2016). Kim i sur. (1998) proveli su istraživanje učinka COS-a na jetru miševa. Otkrili su da COS može djelomično smanjiti povišenu razinu kolesterola. Nakon 6-tjednog istraživanja razina kolesterola je smanjena za 23 % kod skupine miševa koja je konzumirala hranu sa 1 % COS i 3 % kolesterola u odnosu na skupinu miševa koja je konzumirala hranu sa samo 3 % kolesterola.

Karotenoidi su skupina fitokemikalija koje su uključene u različite zaštitne učinke protiv raka, oksidativnog stresa i kardiovaskularnih bolesti (Larsen i sur., 2011). Prisutnost  $\beta$ -karotena, luteina, fukoksantina, neofukoksantina i drugih karotenoida pronađena je u ljusci, mišićima, jajnicima i testisima petrovog uha (Kantha, 1989). Istraživanje Maoka i sur. (2011) opisuje strukturnu analizu karotenoidnih spojeva izoliranih iz utrobe petrovog uha *Haliothis diversicolor aquatilis*, ti karotenoidi povezani su sa fukoksantinom koji može smanjiti pretilost inhibiranjem aktivnosti crijevne lipaze (Matsumoto i sur., 2010).

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

Budući da na kemijski sastav školjke, kao što je petrovo uho, 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 petrovog uha iz Jadranskog mora što predstavlja temelj za gospodarsko iskorištavanje određene vrste. Također, usporedbom dobivenih rezultata sa podacima dostupnima u literaturi cilj je bio utvrditi moguće specifičnosti sastava petrovog uha u Jadranu s obzirom na druga geografska područja, kao i promjene kroz koje prolazi školjka tijekom različitih godišnjih doba.

#### **3.1. MATERIJALI**

##### **3.1.1. Uzorci petrovog uha**

Istraživanje je provedeno 2021. i 2022. godine na petrovom uhu (*Haliotis tuberculata L.*) izvađenom iz sjevernog Jadranskog mora, kod zapadne Istre (Hrvatska) na 45°32'19.22"N, 13°55'04" E. Ukupno je pronađeno 135 *H. tuberculata* tijekom godišnjih doba kako bi se omogućila analiza pojedinaca u različitim fiziološkim stanjima. Ručno su ih izronili licencirani ronionci. Uzorkovani su noću, dok su se nasumično kretali. Pri prikupljanju su popisani, izvagani mokri (tablica 1), pregledani od vanjskih znakova mehaničkih oštećenja, odvojeni i sortirani, stavljeni u zatvorene PE vrećice, transportirani na ledu i zamrznuti na -86 °C do daljnjih analiza. Prije laboratorijskih analiza svi uzorci su odmrznuti i pojedinačno izvagani. Zbog male veličine uzorkovanih petrovih ušiju njihova pojedinačna tkiva nisu odvojena za analizu, pa se rezultati odnose na meka tkiva u cijelosti.

**Tablica 1.** Biometrija petrovog uha (*H. tuberculata*) tijekom godišnjih sezona mjerena nakon uzorkovanja (srednja vrijednost  $\pm$  SD).

	Ukupna težina (g)	Težina mekog tkiva (g)	Težina školjke (g)
<b>proljeće</b>	12.26 $\pm$ 6.48	7.48 $\pm$ 4.20	4.79 $\pm$ 2.35
<b>ljet</b>	11.99 $\pm$ 9.60	7.41 $\pm$ 5.97	4.58 $\pm$ 3.86
<b>jesen</b>	12.59 $\pm$ 5.67	7.72 $\pm$ 3.46	4.88 $\pm$ 2.38
<b>zima</b>	12.59 $\pm$ 6.70	8.60 $\pm$ 4.56	3.99 $\pm$ 2.28

Zbog male količine mesa u pojedinačnom petrovom uhu, sve analize su provedene na skupnim uzorcima. 50 g mekih tkiva iz pojedine skupine uzoraka (pojednog godišnjeg doba) homogenizirane su zajedno te su na taj način dobivena 4 homogenizirana skupna uzorka koji su korišteni za sve daljnje analize.

### 3.1.2. Kemikalije

- Kvarcni pijesak SiO<sub>2</sub> (Gram-Mol, Hrvatska)
- Kjeldahl katalizator (PanReacAppliChem, USA)
- 96% -tna H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Carlo-Erba, Italija)
- 30% -tna H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Gram-Mol, Hrvatska)
- H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (Carlo-Erba, Italija)
- 37% -tna HCl (Carlo-Erba, Italija)
- Cikloheksan C<sub>6</sub>H<sub>12</sub> (Kemika, Hrvatska)
- Propan 2-ol C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O (Gram-Mol, Hrvatska)
- Izooktan C<sub>8</sub>H<sub>18</sub> (Lach-Ner, Hrvatska)
- Metanol CH<sub>3</sub>OH (J.T. Baker, USA)
- KOH (Lach-Ner, Hrvatska)
- NaHSO<sub>4</sub>\*H<sub>2</sub>O (Kemika, Hrvatska)

Sve korištene kemikalije bile su analitičkog stupnja čistoće (p.a.) i korištene su bez ikakvih daljnjih postupaka pročišćavanja.

## 3.2. METODE

### 3.2.1. Određivanje udjela vode

Količina vode u različitim namirnicama odnosi se na težinu koju uzorak gubi tijekom sušenja do konstantne težine. Sušenje se provodi sve dok se kvaliteta ostatka nakon dugotrajnog sušenja više ne smanji ili razlika u kvaliteti nakon dva uzastopna sušenja ne bude veća od 1-3 mg. Neki propisi navode "sve dok razlika između uzastopnih vaganja ne bude manja od 0,1 % izvorne mase uzorka." Sušenje se provodi na temperaturi od  $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ .

Postupak:

Cijeli mišić se homogenizira i uzima se oko 3 g. Homogeniziranje se odvija gnječenjem u aluminijskoj posudicu.

Stavi se otprilike 5 g kvarcnog pijeska i stakleni štapić u aluminijsku posudicu te se stavi sušiti na zadanu temperaturu. Kada se postigne željena temperatura posudice, suši se bez poklopca oko 30 minuta (poklopac se nasloni za posudicu). Nakon sušenja, pokrivena posudica se stavlja u eksikator i ohladi se do sobne temperature (30 minuta). Ohlađena posudica se izvaže i ta masa ( $m_0$ ) se unesi u tablicu.

Nakon što je posudica izvagana i osušena, dodaje se približno 3 g homogeniziranog uzorka, lagano se promiješa staklenim štapićem, posudice se poklope i izvažu ( $m_1$ ).

Posudice za uzorke ostavljaju se da se osuše 2,5 sata u sušioniku na zadanu temperaturu sa poklopcem naslonjenim na posudicu. Po završetku ohlađene poklopljene posudice ohladiti u eksikatoru (30 minuta) i izvagati ( $m_2$ ). Ovaj postupak se ponavlja dok razlika između dva uzastopna mjerenja ne prijeđe 0,1 % (obično nakon 1 sata sušenja).



Izračun:

Udio vode se računa prema formuli:

$$w = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 - m_0)} * 100 \quad [1]$$

$m_0$ - masa posudice (g)

$m_1$ - masa osušene posude sa uzorkom (g)

$m_2$ - masa ohlađene posudice (g)

### 3.2.2. Određivanje udjela proteina po Kjeldahlu

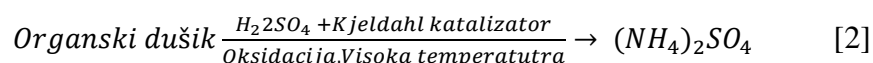
Određivanje proteina po Kjeldahlovoj metodi temelji se na pretpostavci da proteini sadrže prosječno 16 % dušika. Nakon razgradnje organske tvari određuje se proteinski dušik izražen kao amonijak.

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

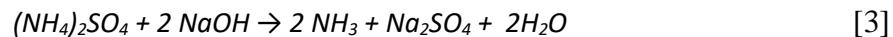
Princip određivanja:

U prvom dijelu zagrijavanjem uzorka koncentriranom sumpornom kiselinom uz istovremeni dodatak katalizatora ( $\text{CuSO}_4$ ) i soli ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) dolazi do potpune oksidacije organskih tvari ( $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ ), a dušik koji se oslobađa u obliku  $\text{NH}_3$  zajedno s  $\text{H}_2\text{SO}_4$  daje  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . U drugom dijelu, odnosno tijekom destilacije, amonij sulfat na koji djeluje lužina oslobađa se u amonijak, a u posljednjoj fazi se predestilira zajedno s vodenom parom u tikvicu s kiselinom poznate koncentracije. Višak kiseline određuje se titracijom.

#### 1. Mineralizacija



## 2. Alkalizacija s NaOH u suvišku



## 3. Destilacija u bornu kiselinu u suvišku



## 4. Titracija amonijevog borata solnom kiselinom



### Postupak:

Postupak bloka spaljivanja: Epruvete moraju biti čiste i suhe prije upotrebe. Uzorak od 2 g se izvaže na aluminijsku foliju s točnošću  $\pm 0,01$  g, zamota se i stavi u epruvetu. Stave se dvije tablete Kjeldahl katalizatora i 14 mL koncentrirane  $H_2SO_4$  kiseline i 5 mL  $H_2O_2$  u svaku kivetu i lagano miješa dok se uzorak ne navlaži. Na kraju reakcije, stavi se stalak sa epruvetama u digestijsku jedinicu za mineralizaciju, a zatim se pokrene sustav za odvod pare. Na početku (prvih 10 minuta) spaljivanje se odvija pri maksimalnom protoku vode, nakon čega se smanjuje za 50 %. Bistra svijetlozelena boja tekućine u epruveti označava kraj mineralizacije. Nakon što se epruvete ohlade na sobnu temperaturu, u svaku epruvetu posebno treba dodati 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 mol/L HCl i titrirati direktno u prihvatnu tikvicu. U završnoj točki boja otopine postane blijedo ružičasta.

Izračun:

$$\%N = \frac{(T-B)*c(HCl)*14,007*100}{m(uzorak)[mg]} \quad [6]$$

T- volumen utrošene 0,2 M otopine HCl za titraciju uzorka

B- volumen utrošene 0,2 M otopine HCl za titraciju slijepe probe

$c(HCl) = 0,2 \text{ mol/L}$

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

### 3.2.3. Određivanje ukupnog udjela masti

Masti se ekstrahiraju cikloheksanom i propan-2-ol. Dodatkom vode prelaze u cikloheksan. Faze se odvajaju centrifugiranjem. Masti se određuju gravimetrijski nakon odvajanja iz cikloheksanskog sloja i otparavanja.

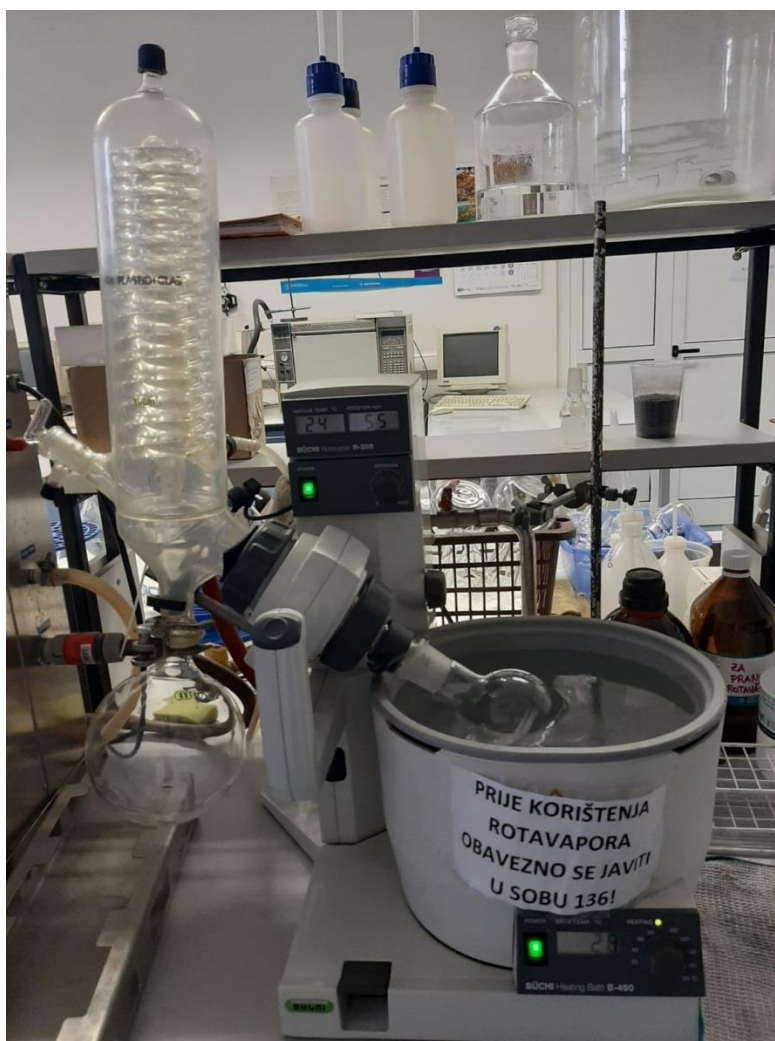
Otapalo A: Propan-2-ol – cikloheksan (w/w) = 16:20

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

Postupak:

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 18 mL 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 7.** Otparavanje otapala na rotavaporu R-205 BUCHI Labortechnik AG CH-9230 (Švicarska) (vlastita fotografija)

Izračun:

$$\%masti = \frac{m1(masti\ nakon\ vaganja)}{m2(masa\ uzorka)} * 100 \quad [7]$$

m1- masa masti nakon vaganja

m2- masa uzorka

### 3.2.4. Određivanje količine mineralnih tvari

Ukupni sadržaj mineralnih tvari neke namirnice može se procijeniti na osnovu količine pepela, koji predstavlja anorganski ostatak koji zaostaje nakon spaljivanja organskog dijela namirnice. U pepelu se nalaze različiti kationi (kalija, natrija, magnezija, mangana i dr.), koji se nalaze uglavnom u obliku fosfata, karbonata, klorida, silikata i oksida. U malim količinama mogu se naći i željezo, aluminij, bakar i drugi.

Postupak:

Lončići za upotrebu potrebno je spaliti u mufolnoj peći na temperaturi od 550 °C do postojane mase (u pravilu je dovoljno 15 minuta), zatim se hlade najmanje 1 sat u eksikatoru i važu. Potrebno je izvagati 5 g uzorka ( $\pm 0,01$  g) u pripremljeni lončić. Uzorak se u ravnomjernom sloju raspoređuje 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:

$$\%pepeo = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} * 100 \quad [8]$$

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:

Odvažuje 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 µL metanolne otopine KOH (c = 2 mol/L) 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  $\mu$ m  
stacionarna faza: cijanopropil-silikon
- Temperatura kolone: programirana  
60 °C do 220 °C-7 °C/min zadržava se 17  
min
- Plin nosioc: Helij
- Protok plina nosioca: 1,5 mL/min
- Temperatura injektora: 250 °C
- Split: 1 : 30
- Temperatura detektora: 280 °C
- Količina injektiranog uzorka: 1  $\mu$ 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 8.** Plinski kromatograf kromatografu Agilent Technologies 6890N Network GC System (vlastita fotografija)

### 3.2.6. Statistička obrada podataka

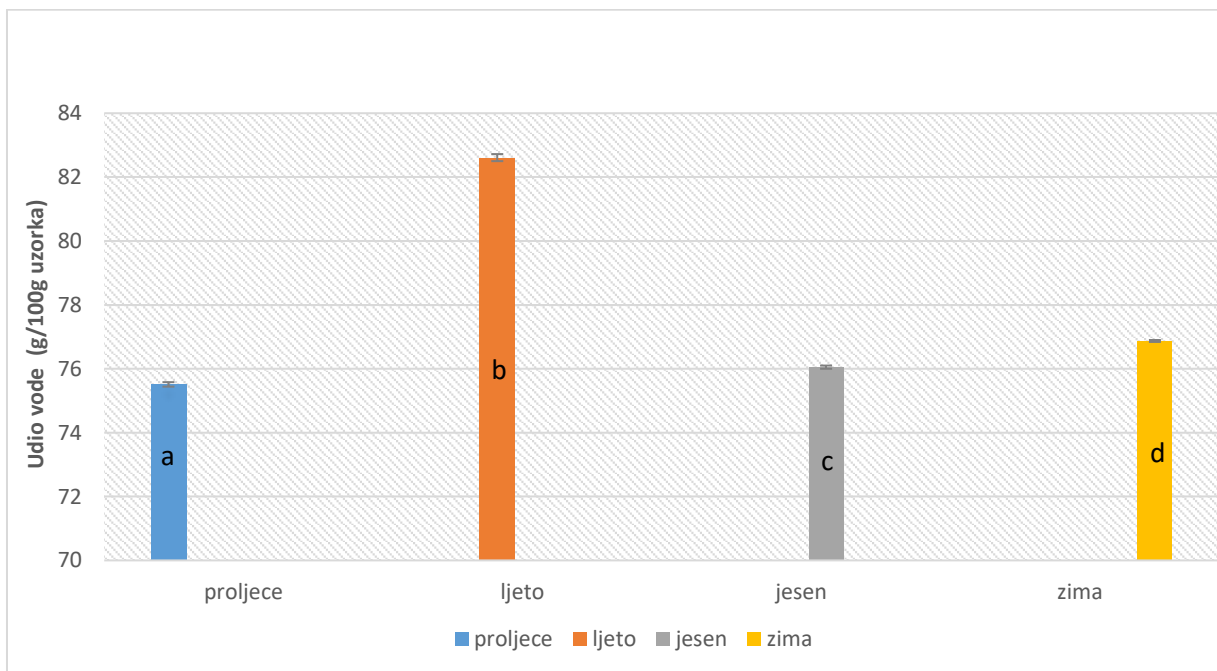
Statistička obrada rezultata laboratorijskih analiza provedena je u programu SPSS v. 12.0 (SPSS, Chicago, IL, USA). Analiza varijance i utvrđivanje značajnosti razlika između vrijednosti parametara tijekom pojedinih godišnjih doba provedena je jednosmjernom analizom varijance (one-way ANOVA) i Tukey post hoc testom uz razinu značajnosti  $p < 0,05$ . Svi rezultati prikazani su u obliku srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija.



## 4. REZULTATI I RASPRAVA

U ovom poglavlju prikazani su rezultati osnovnih kemijskih analiza petrovog uha izlovljenog u Jadranskom moru. Slike 9-12 prikazuju udio vode, proteina, masti i pepela u analiziranim uzorcima petrovog uha izlovljenog tijekom proljeća, ljeta, jeseni i zime kako bi se usporedile varijacije kemijskog sastava. Slijede tablice 2-4 koje pokazuju udio zasićenih, mononezasićenih, polinezasićenih masnih kiselina u mesu petrovog uha, te tablica 5 koja prikazuje omjer omega-3 i omega-6 masnih kiselina u uzorcima petrovog uha izlovljenog tijekom godišnjih doba. Varijacije zasićenih, mononezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina tijekom godišnjih doba prikazane su na slici 13.

### 4.1. UDIO VODE



\*različita slova označavaju statistički značajne razlike između pojedinih skupina uzoraka

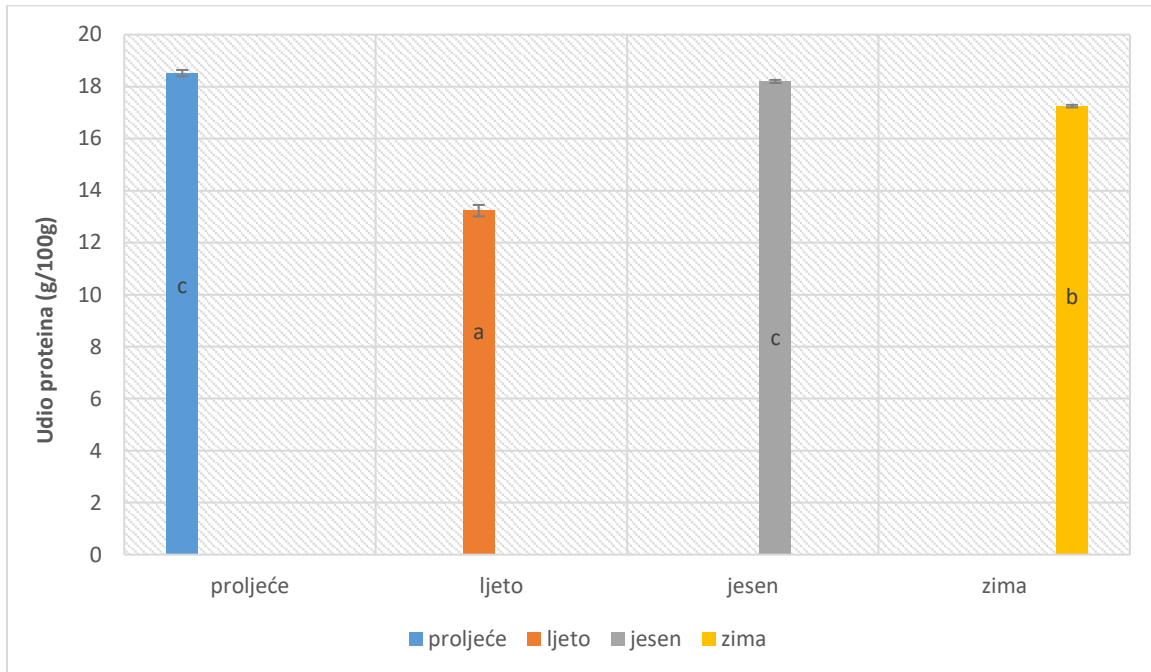
**Slika 9.** Udio vode u analiziranim uzorcima petrovog uha izlovljenog tijekom godišnjih doba

Prema rezultatima analize udjela vode prikazanim na slici 9 može se zaključiti da je udio vode u svim uzorcima varirao od 75,51-82,61 g/100 g uzorka. Prosječni udio vode u uzorcima bio je najviši tijekom ljetnog perioda te je iznosio  $82,61 \pm 0,11$  g/100 g, dok je tijekom ostatka godine prosječni udio vode bio znatno manji, npr. tijekom proljeća je iznosio  $75,51 \pm 0,07$  g/100 g,  $76,05 \pm 0,05$  g/100 g tijekom jeseni i  $76,87 \pm 0,03$  g/100 g tijekom zime. Statistički značajna razlika postoji između svakog godišnjeg doba. Dobivenim rezultatima utvrđeno je da je najveći udio vode u tkivima petrovog uha ljeti. Uspoređujući rezultate sa znanstvenom literaturom Hatae i sur. (1995) možemo vidjeti podudaranje, udio vode koje su oni izmjerili kreće se od 72,3-82,1 %, također sa najvećim udjelom vode ljeti.

Istraživanja provedena na drugim vrstama školjkaša izlovljenima uz zapadnu obalu Istre pokazala su više udjele vode u tkivima ispitivanih vrsta pri čemu se udio vode kod kamenice (*Ostrea edulis*) kretao u rasponu od 80,3-83,9 g/100 g, a kod dvije vrste is porodice *Pectinidae* u rasponu od 80,4-85,3 g/100 g i 86,6-87,6 g/100 g (Pleadin i sur., 2019). U slučaju ove 3 vrste školjkaša, najviši udjeli vode utvrđeni su u jesenskom periodu. Analize dagnji s područja Tršćanskog zaljeva utvrdile su udio vode u rasponu od 78,7-87,3 g/100 g s maksimalnim vrijednostima izmjerenima tijekom zime (Bongiorno i sur., 2015).

U usporedbi s navedenim podacima može se zaključiti da tkivo petrovog uha sadrži manje udjele vode te da različite vrste postižu maksimalan udio vode u tkivima tijekom različitih godišnjih doba što je posljedica razlika među vrstama, tj. različite dinamike reproduktivnog ciklusa tijekom godine.

## 4.2. UDIO PROTEINA



\*različita slova označavaju statistički značajne razlike između pojedinih skupina uzoraka

**Slika 10.** Udio proteina u analiziranim uzorcima petrovog uha izlovljenog tijekom godišnjih doba

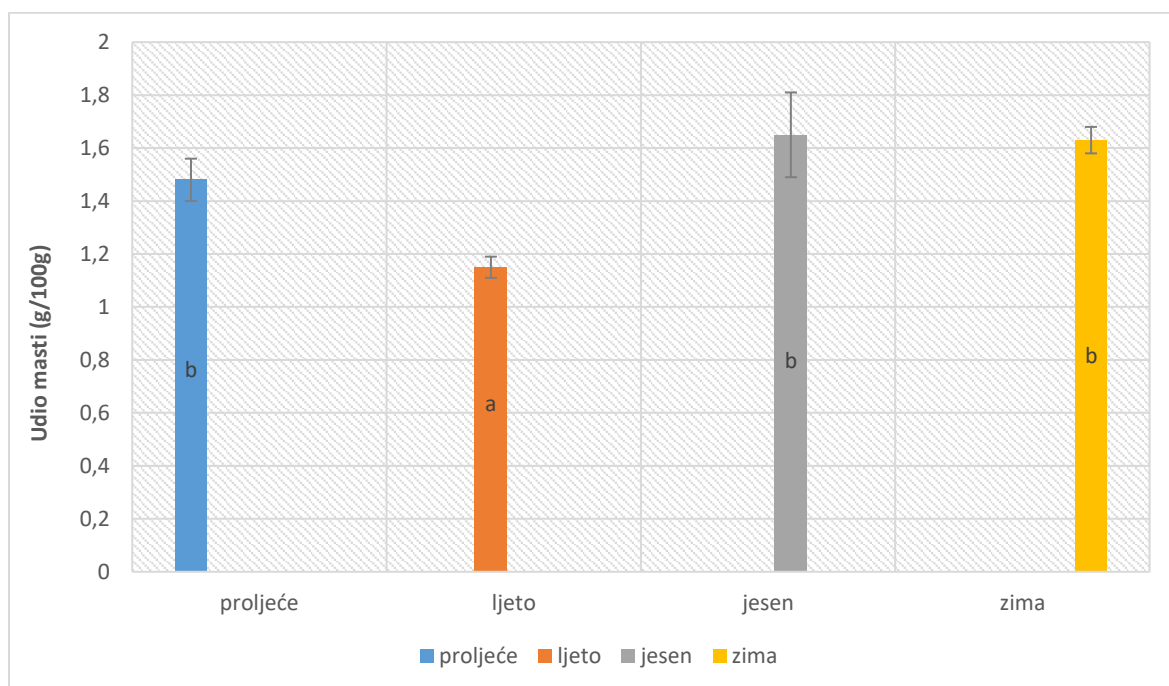
Sadržaj proteina tijekom godišnjih doba bio je između 13,23-18,52 g/100 g uzorka što je prikazano na slici 10. U proljeće udio proteina je iznosio  $18,52 \pm 0,12$  g/100 g uzorka, dok je ljeti iznosio  $13,23 \pm 0,22$  g/100 g uzorka. Na jesen je zabilježeno  $18,20 \pm 0,06$  g/100 g uzorka, a zimi  $17,25 \pm 0,05$  g/100 g uzorka. Između proljeća i jeseni nema značajne statističke razlike, dok sa ljetom i zimom postoji značajna statistička razlika. Udio proteina u tkivima petrovog uha bio je najniži ljeti, razlog tome može biti korelacija sa reproduktivnim statusom, kako rastu u proljeće i udio proteina je u porastu što može ukazivati na akumulaciju energetske rezerve.

Nakon mrijesta udio proteina pada, što ukazuje na mobilizaciju somatskih rezervi za reprodukciju (Brokordt i Gudeley, 2004). Tijekom jeseni i zime dolazi do razdoblja hranjenja i rasta gdje je moguće nakupljanje rezervi lipida, što rezultira visokim sadržajem masti i proteina u tkivima (Brokordt i Gudeley, 2004). Rezultate koje smo dobili podudaraju se sa literaturom Hatae i sur. (1995), gdje je udio proteina iznosio 14,2-18,4 %, također sa smanjenim udjelom ljeti, a povećanim u ostalim godišnjim dobima. Promatrajući rezultate koji su dobili Chiou i sur. (2001) može se vidjeti da je udio proteina najviši bio tijekom zime, dok su sva ostala

godišnja doba imala relativno nizak udio proteina. Razlog tome može biti prehrana, budući da je u istraživanju koje su proveli Chiou i sur. (2001) petrovo uho „umjetno hranjeno.“

Prema podacima dostupnima u znanstvenoj literaturi, udio proteina u tkivu školjkaša sa sličnog geografskog područja kretao se u rasponu od 8,1 – 11,0 g/100 g kod kamenica, dok školjke *Chlamys varia* te *Flexopecten glaber* sadrže 8,9 – 9, g/100 g i 8,7 – 9,3 g/100 g proteina (Pleadin i sur., 2019). Slični rezultati dobiveni su i analizama prugaste ladinke (*Chamelea gallina*) s udjelom proteina u rasponu od 8,6 – 10,7 g/100 g (Orban i sur., 2006) i dagnje s udjelom proteina od 7,5 – 11,6 g/100 g (Bongiorno i sur., 2015). S obzirom na navedeno, može se zaključiti kako je meso petrovog uha veće nutritivne vrijednosti s obzirom veći udio proteina u odnosu na druge vrste često konzumiranih školjkaša.

### 4.3. UDIO MASTI



\*različita slova označavaju statistički značajne razlike između pojedinih skupina uzoraka

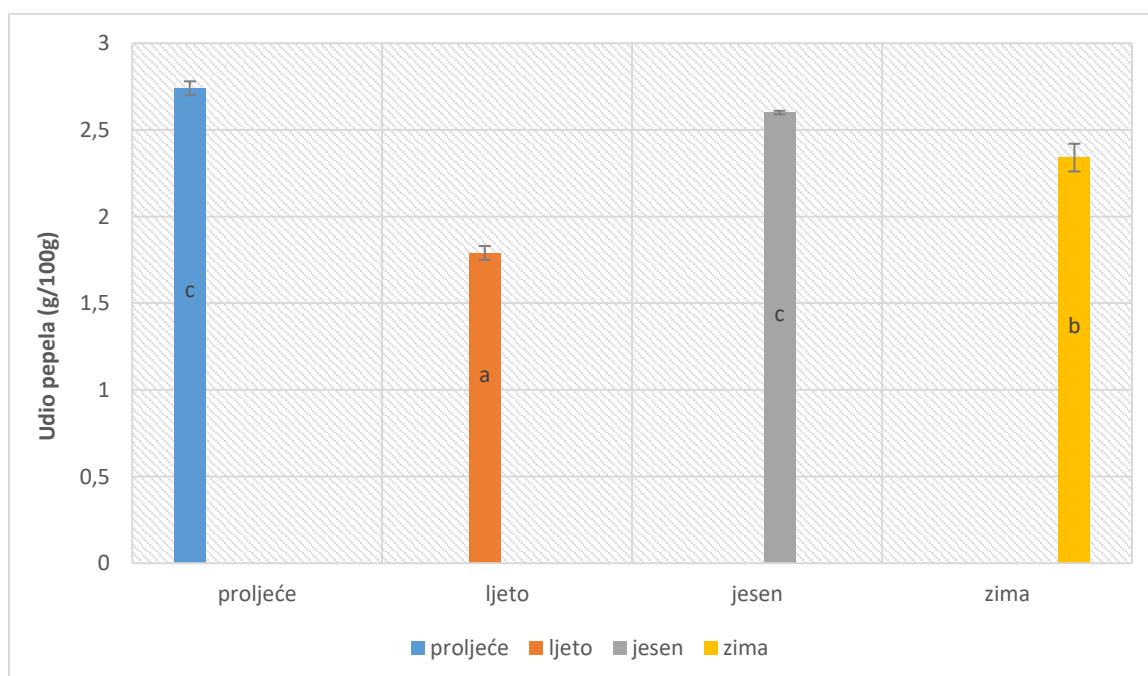
**Slika 11.** Udio masti u analiziranim uzorcima petrovog uha izlovljenog tijekom godišnjih doba

Iz rezultata možemo zaključiti da najviši udio masti zabilježen u jesen sa  $1,65 \pm 0,16$  g/100 g uzorka, nakon jeseni najveći udio masti bio je u zimu sa  $1,63 \pm 0,05$  g/100 g uzorka (slika 11). U proljeće je iznosilo  $1,48 \pm 0,08$  g/100 g uzorka, dok je ljeti bio najmanji udio masti  $1,15 \pm$

0,04 g/100 g uzorka. Iz obrade rezultata vidljiva je statistička značajna razlika ljeta sa jeseni i zimom, dok udio masti na proljeće nema značajnih statističkih razlika s udjelom masti ostalih godišnjih doba. Usporedbom rezultata sa literaturom Hatae i sur. (1995) vidljivo je da je najveći udio masti zabilježen također u jesen, a najmanji ljeti. Razlog tome je što tijekom jeseni i zime dolazi do razdoblja hranjenja i rasta gdje je moguće nakupljanje rezervi lipida, što rezultira visokim sadržajem masti i proteina (Brokordt i Gudeley, 2004). Najniži udio masti zabilježen je tijekom ljeta kao posljedica mrijesta koji iscrpljuje energetske zalihe organizmu, što je bio slučaj i sa udjelom proteina tijekom ljeta. Uspoređujući rezultate sa istraživanjem koje su proveli Chiou i sur. (2001) može se vidjeti da u njihovom istraživanju nema razlika udjela masti tijekom godišnjih doba. Razlog tome, kao i kod udjela proteina, može biti prehrana samog petrovog uha.

S obzirom na udio masti, petrovo uho može se svrstati u vrste sa srednjim udjelom masti budući da sadrži manje masti u odnosu na kamenice (1,2-2,4 g/100 g) i dagnje (1,0-2,2 g/100 g), no ipak više od ostalih vrsta poput prugaste ladinke (0,7-1,6 g/100 g) te vrsta iz porodice Pectinidae (0,3-1,1 g/100 g) (Pleadin i sur., 2019; Bongiorno i sur., 2015; Orban i sur., 2006).

#### 4.4. UDIO PEPELA



\*različita slova označavaju statistički značajne razlike između pojedinih skupina uzoraka

**Slika 12.** Udio pepela u analiziranim uzorcima petrovog uha izlovljenog tijekom godišnjih doba

Udio pepela pokazuje kako između proljeća i jeseni nema značajnih statističkih razlika, u proljeće udio pepela iznosilo je  $2,74 \pm 0,04$  g/100g uzorka, a u jesen  $2,60 \pm 0,01$  g/100 g uzorka (slika 12). Između ostalih godišnjih doba je vidljiva značajna statistička razlika. Ljeto sa  $1,79 \pm 0,04$  g/100 g uzorka udjela pepela, dok je zimi zabilježeno  $2,34 \pm 0,08$  g/100 g uzorka. Što potvrđuju i rezultati znanstvene literature Hatae i sur. (1995), dok su Chiou i sur. (2001) dobili rezultate povećanja udjela pepela tijekom ljeta a smanjenje udjela tijekom ostalih godišnjih doba, razlog tomu može biti drugo područje izlova i općenito života sa drugačijom prehranom, s obzirom da su oni izlovljavali petrova uha u Kini i hranili ih „umjetnom hranom“.

Udio mineralnih tvari u tkivima petrovog uha vrlo je sličan udjelu u tkivima kamenice i školjki iz porodice Pectinidae ( $1,7-3,4$  g/100 g) (Pleadin i sur., 2019), dok dagnje sadrže veće količine mineralnih tvari ( $2,2-3,3$  g/100 g), jednako kao i prugasta ladinka ( $2,7-3,6$  g/100 g) (Bongiorno i sur., 2015; Orban i sur., 2006).

Općenito govoreći o osnovnom kemijskom sastavu, treba istaknuti da je za sve vrste mekušaca karakteristična njegova sezonska varijabilnost koja je prvenstveno povezana s reproduktivnim ciklusom i dostupnosti hrane u vodenom okolišu. U periodu prije mrijesta dolazi do nakupljanja energetske rezerve u organizmu što se očituje u povećanju udjela proteina i masti koje su potrebne za formiranje i sazrijevanje gonada. Nakon mrijesta energetske rezerve organizma su iscrpljene te slijedi period oporavka i ponovnog nakupljanje rezerve, ovisno o dostupnoj hrani. Navedene tvrdnje potvrdila su brojna istraživanja koja su dokazala značajnu varijabilnost osnovnog kemijskog sastava tj. nutritivne vrijednosti školjkaša tijekom godine (Orban i sur., 2002; Orban i sur., 2006; Bongiorno i sur., 2015; Pleadin i sur., 2019).

Tijekom sezonskih varijacija, udio masti i udio vode u tkivima najčešće je obrnuto proporcionalan (Pleadin i sur., 2019), što su potvrdili i rezultati dobiveni ovim istraživanjem. Grupa uzoraka izlovljena ljeti je imala najviše vrijednosti vode ( $82,61 \pm 0,11$  g/100 g) i najniže vrijednosti masti ( $1,15 \pm 0,04$  g/100 g), dok grupa uzoraka izlovljenih na jesen je imala najviše vrijednosti masti ( $1,65 \pm 0,16$  g/100 g) i vrijednosti vode ( $76,05 \pm 0,05$  g/100 g). Najviši udio proteina zabilježen je u grupi uzoraka izlovljenih u proljeće ( $18,52 \pm 0,12$  g/100 g), u istoj toj grupi uzoraka zabilježen je i najviši udio pepela ( $2,74 \pm 0,04$  g/100 g). Uspoređujući to sa prethodnim istraživanjima može se zaključiti da su rezultati u skladu, Hatae i sur. (1995) također su dobili kod izlova u proljeće najveće vrijednosti proteina i pepela.

## 4.5. SASTAV MASNIH KISELINA

### 4.5.1. Zasićene masne kiseline

**Tablica 2.** Udio zasićenih masnih kiselina u uzorcima petrovog uha izlovljenih tijekom godišnjih doba (% od ukupnih masnih kiselina)

	proljeće	ljetno	jesen	zima
<b>C14:0</b>	4,42 ± 0,85 <sup>b</sup>	4,41 ± 0,44 <sup>b</sup>	3,30 ± 0,08 <sup>a</sup>	3,51 ± 0,09 <sup>a</sup>
<b>C15:0</b>	1,20 ± 0,18 <sup>a</sup>	1,55 ± 0,42 <sup>b</sup>	1,60 ± 0,09 <sup>b</sup>	1,34 ± 0,08 <sup>ab</sup>
<b>C16:0</b>	21,10 ± 1,65 <sup>b</sup>	24,71 ± 3,70 <sup>c</sup>	20,64 ± 0,37 <sup>ab</sup>	18,05 ± 0,26 <sup>a</sup>
<b>C17:0</b>	2,47 ± 0,33 <sup>ab</sup>	2,13 ± 0,51 <sup>a</sup>	2,60 ± 0,15 <sup>b</sup>	2,35 ± 0,03 <sup>ab</sup>
<b>C18:0</b>	7,74 ± 0,84 <sup>a</sup>	7,59 ± 0,98 <sup>a</sup>	8,76 ± 0,46 <sup>b</sup>	7,85 ± 0,17 <sup>ab</sup>
<b>C21:0</b>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,03 ± 0,39 <sup>b</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
<b>Ukupne SFA</b>	36,93 ± 1,16 <sup>b</sup>	40,87 ± 2,16 <sup>c</sup>	36,89 ± 0,30 <sup>b</sup>	33,10 ± 0,35 <sup>a</sup>

\*različita slova (a, b, c) označavaju statistički značajne razlike pojedinih skupina uzoraka  
\*SFA- zasićene masne kiseline

Najviši ukupni udio zasićenih masnih kiselina zabilježen je ljeti (40,87 % ± 2,16), a najniži u zimu (33,10 % ± 0,35), između godišnjih doba proljeća i jeseni nije utvrđena statistički značajna razlika, dok statistička razlika postoji između zime i ljeta (tablica 2). Vrijednost zasićenih masnih kiselina je međusobno varijabilna te pokazuje statistički značajne razlike. Najzastupljenija zasićena masna kiselina je palmitinska (C16:0) u svim godišnjim dobima. Ljeto je iznosila 24,71 % ± 3,70, a u zimu se smanjila na 18,05 % ± 0,26. U rezultatima se može vidjeti da je samo tijekom ljeta zabilježeno prisustvo heneikozanočne kiseline (C21:0) sa iznosom od 4,03 % ± 0,39. Najniži udio tijekom svih godišnjih doba ima pentadekanska kiselina (C15:0), na proljeće njena vrijednost je 1,20 % ± 0,18, dok se na jesen taj iznos narastao na 1,60 % ± 0,09. Usporedbom rezultata sa znanstvenom literaturom Chen i sur. (2021) najviši udio zasićenih masnih kiselina je također zabilježen ljeti, te je najzastupljenija zasićena masna kiselina palimitinska kao i u našem istraživanju.

Istraživanja provedena na drugim vrstama školjkaša kao npr. kamenice (*Ostrea edulis*) imale su jednak udio zasićenih masnih kiselina tijekom godine kao i petrovo uho. Tako je i kod kamenica najviši udio zabilježen u ljeto (66,79 % ± 11,40) i jesen (67,74 % ± 8,74), a niži u zimu (59,93 % ± 7,99) i proljeće (51,02 % ± 7,19) (Pleadin i sur., 2019). Kao i kod prugaste ladinke (*C. gallina*) izlovljene u srednjem Jadranu, udio zasićenih masnih kiselina bio je najviši tijekom ljeta (33,8 % ± 0,01) i jeseni (39,3 % ± 0,56) (Orban i sur., 2006).

#### 4.5.2. Mononezasićene masne kiseline

**Tablica 3.** Udio mononezasićenih masnih kiselina u uzorcima petrovog uha izlovljenog tijekom godišnjih doba (% od ukupnih masnih kiselina)

	proljeće	ljeto	jesen	zima
<b>C16:1</b>	1,45 ± 0,34 <sup>a</sup>	1,71 ± 0,86 <sup>a</sup>	1,11 ± 0,05 <sup>a</sup>	1,68 ± 0,10 <sup>a</sup>
<b>C18:1 (n-9)</b>	6,26 ± 2,01 <sup>ab</sup>	9,06 ± 3,83 <sup>b</sup>	6,09 ± 0,63 <sup>ab</sup>	4,25 ± 0,25 <sup>a</sup>
<b>C18:1 (n-7)</b>	7,76 ± 1,09 <sup>b</sup>	6,98 ± 1,65 <sup>ab</sup>	6,39 ± 0,15 <sup>a</sup>	7,07 ± 0,15 <sup>ab</sup>
<b>C20:1</b>	4,05 ± 0,27 <sup>b</sup>	4,03 ± 0,39 <sup>b</sup>	4,59 ± 0,38 <sup>c</sup>	3,15 ± 0,25 <sup>a</sup>
<b>Ukupne MUFA</b>	19,52 ± 3,70 <sup>ab</sup>	21,77 ± 5,94 <sup>b</sup>	18,18 ± 0,48 <sup>ab</sup>	16,15 ± 0,25 <sup>a</sup>

\*različita slova (a, b, c) označavaju statistički značajne razlike pojedinih skupina uzoraka  
 \*MUFA- mononezasićene masne kiseline

Iz rezultata navedenih u tablici 3 možemo zaključiti da je ukupan udio mononezasićenih masnih kiselina bio najviši ljeti sa 21,77 % ± 5,94, dok je najniži bio zimi s iznosom od 16,15 % ± 0,25. Tijekom godišnjih doba nema statistički značajne razlike između proljeća i jeseni, koje također imaju zajedničke značajke sa ljetom i zimom, dok između ljeta i zime postoji značajna statistička razlika. Najzastupljenija mononezasićena masna kiselina tijekom svih godišnjih doba bila je oleinska (C18:1), dok je najnižu vrijednost imala palmitoleinska kiselina (C16:1), sa udiom u jesen od 1,11 % ± 0,05, a ljeti se taj iznos povećavao na 1,71 % ± 0,86. Proučavajući i uspoređujući literaturu Chen i sur. (2021) može se vidjeti da je ukupan udio mononezasićenih masnih kiselina također bio najviši ljeti, te je oleinska masna kiselina također najzastupljenija tijekom cijele godine.



Razlika udjela mononezasićenih masnih kiselina između ostalih školjkaša i petrovog uha postoji. Kamenice bilježe najviši udio zimi (20,95 % ± 7,68), a najniži u jesen (15,63 % ± 3,92) (Pleadin i sur., 2019), kao i prugasta ladinka (*C. gallina*) zimi sa udjelom 23,4 % ± 0,7 i jesen sa najnižim udjelom 14,2 % ± 0,12 (Orban i sur., 2006). Najizgledniji razlog tome jeste razlika u vrsti.

#### 4.5.3. Polinezasićene masne kiseline

**Tablica 4.** Udio polinezasićenih masnih kiselina u uzorcima petrovog uha izlovljenog tijekom godišnjih doba (% od ukupnih masnih kiselina)

	proljeće	ljetno	jesen	zima
<b>C18:2c</b>	1,27 ± 0,16 <sup>a</sup>	1,33 ± 0,44 <sup>a</sup>	1,41 ± 0,12 <sup>a</sup>	1,47 ± 0,04 <sup>a</sup>
<b>C20:4n6</b>	8,44 ± 1,37 <sup>a</sup>	8,00 ± 1,21 <sup>a</sup>	11,14 ± 0,08 <sup>b</sup>	10,65 ± 0,22 <sup>b</sup>
<b>C20:5n3</b>	13,34 ± 2,05 <sup>b</sup>	9,50 ± 2,31 <sup>a</sup>	11,11 ± 0,20 <sup>a</sup>	16,56 ± 0,52 <sup>c</sup>
<b>C22:5n3</b>	9,39 ± 1,03 <sup>ab</sup>	8,16 ± 1,04 <sup>a</sup>	9,24 ± 0,29 <sup>ab</sup>	9,75 ± 0,13 <sup>b</sup>
<b>C22:2</b>	5,73 ± 0,23 <sup>b</sup>	4,98 ± 0,95 <sup>a</sup>	6,77 ± 0,45 <sup>c</sup>	5,97 ± 0,22 <sup>b</sup>
<b>C22:4</b>	1,51 ± 0,18 <sup>a</sup>	1,63 ± 0,26 <sup>a</sup>	1,99 ± 0,05 <sup>b</sup>	1,73 ± 0,08 <sup>a</sup>
<b>Ukupne PUFA</b>	39,67 ± 4,93 <sup>b</sup>	33,61 ± 7,12 <sup>a</sup>	41,66 ± 0,41 <sup>bc</sup>	46,13 ± 0,40 <sup>c</sup>

\*različita slova (a, b, c) označavaju statistički značajne razlike pojedinih skupina uzoraka

\*PUFA- polinezasićene masne kiseline

Na temelju provedenih analiza polinezasićene masne kiseline su najzastupljenije u uzorcima petrovog uha izlovljenog tijekom zime te su iznosile 46,13 % ± 0,40, što potvrđuju i rezultati istraživanja Chen i sur. (2021). Najmanje polinezasićenih masnih kiselina zabilježeno je tijekom izlova u ljetno te su iznosile 33,61 % ± 7,12. Statističke razlike postoje u sva četiri godišnja doba, dok su u jesen zabilježene određene zajedničke značajke sa izlovom u proljeće i zimu. Najzastupljenija polinezasićena masna kiselina u sva četiri godišnja doba je eikosapentaenska (C20:5n3), njen najviši udio bio je zimi sa 16,56 % ± 0,52, dok se ljeti udio spustio na 9,50 % ± 2,31. Polinezasićena kiselina koja je najmanje zastupljena u svim godišnjim

dobima jest linolna (C18:2c). Njen udio je najniži u proljeće ( $1,27 \pm 0,16$ ), a najviši tijekom izlova u zimu ( $1,47 \pm 0,04$ ) što je vidljivo u tablici 4. Chen i sur. (2021) u svom radu navode da su tijekom istraživanja dobili da je najzastupljenija polinezasićena masna kiselina zapravo arahidonska. Navedene razlike između dobivenih rezultata i literaturnih podataka mogu se objasniti razlikama između pojedinih vrsta petrovog uha te razlikama u hranidbi koja je usko vezana uz geografsko područje te okolišne uvjete u moru.

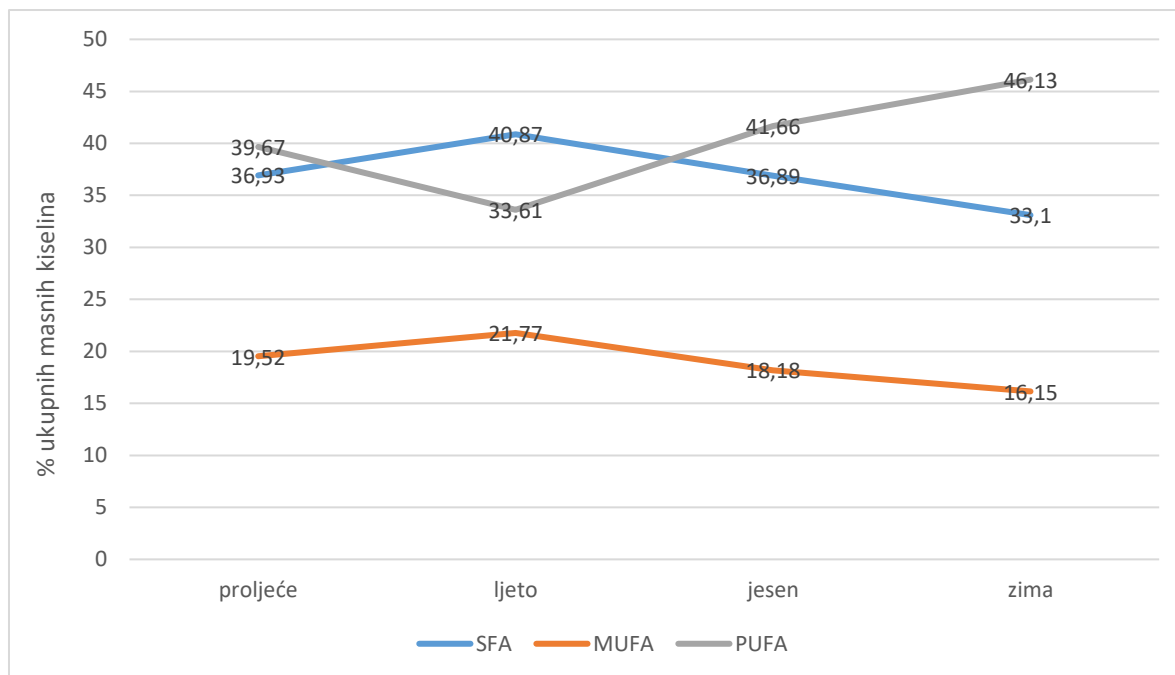
Rezultati udjela polinezasićenih masnih kiselina pokazuju sličnost sa školjkašem kao što je prugasta ladinka (*C. gallina*), koja je također najviši udio polinezasićenih masnih kiselina imala zimi ( $48,1 \% \pm 0,06$ ) (Orban i sur., 2006). Dok se udio polinezasićenih masnih kiselina kamenica razlikuju od petrovog uha. Kamenice su najviši udio polinezasićenih masnih kiselina u istraživanju koje su proveli Pleadin i sur. (2019) imali tijekom proljeća ( $32,43 \% \pm 6,46$ ).

Sastav masnih kiselina ovisi o vrsti, klimi, dostupnosti i vrsti hrane pa su tako određene razlike između različitih školjkaša očekivane.

**Tablica 5.** Omjer omega-3 i omega-6 masnih kiselina u uzorcima petrovog uha izlovljenog tijekom godišnjih doba

	proljeće	ljeto	jesen	zima
<b>Ukupne omega-3</b>	$22,73 \pm 3,08$	$17,66 \pm 3,35$	$20,35 \pm 0,49$	$26,31 \pm 0,65$
<b>Ukupne omega-6</b>	$8,44 \pm 1,37$	$8,00 \pm 1,21$	$11,14 \pm 0,08$	$10,65 \pm 0,22$
<b>Omega-3 : omega-6</b>	3:1	2:1	2:1	2:1

Jedina omega-6 masna kiselina u uzorcima izlovljenog petrovog uha je arahidonska kiselina (C20:4n6). Dok su omega-3 masne kiseline pronađene dvije, eikosapentaenska (EPA) i dokozaheksanska (DHA). Omjer koji vidimo u tablici 5. povoljan je za potrošače jer konzumiranjem petrova uha unosimo dovoljnu količinu omega-3 masnih kiselina, ako uzmemo u obzir da su omega-6 masne kiseline daleko zastupljenije u današnjoj prehrani. Najveća razlika, odnosno omjer, zabilježen je u proljeća sa približno 3:1. Sveukupan omjer tijekom čitave godine omega-3 i omega-6 masnih kiselina je 2:1 (tablica 5).



\*SFA- zasićene masne kiseline, MUFA-mononezasićene masne kiseline, PUFA-polinezasićene masne kiseline

**Slika 13.** Varijacije SFA, MUFA, PUFA u uzorcima petrovog uha izlovljenog tijekom godišnjih doba

Na slici 13 može se vidjeti ukupni udio zasićenih, mononezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina koji se mijenjao tijekom godišnjih doba. Mononezasićene (MUFA) te zasićene (SFA) masne kiseline bilježe porast udjela tijekom ljeta, te pad udjela na jesen i zimu. Za razliku od njih polinezasićene masne kiseline (PUFA) bilježe pad udjela tijekom ljeta (33,61 %) te rast udjela na jesen i zimu (41,66 %-46,13 %).

Budući da petrovo uho nema regulaciju tjelesne temperature, njegove stanične membrane se moraju same prilagoditi temperaturnim promjenama. Jedan od načina za prilagodbu jeste modifikacija sastava njegovih masnih kiselina (Guschina i Harwood, 2006). Slijedom toga, očekivao se porast PUFA zimi. Naši rezultati su u skladu sa prethodim istraživanjima (Hernández i sur., 2013) koji su primijetili nakupljanje PUFA na nižim temperaturama.

SFA bile su najzastupljenije u razdoblju visoke temperature, kada je nakupljanje lipida veće. Smanjenje SFA zimi zajedno s povećanjem PUFA ljeti može doprinijeti održavanju fluidnosti stanične membrane s obzirom da PUFA imaju nižu točku taljenja od SFA (Dunstan i sur., 1996). Između ostalog, povećana nezasićenost nemembranskih lipida može doprinijeti održavanju fleksibilnosti tijela za kretanje pri niskim zimskim temperaturama (Dunstan i sur., 1996).

## 5. ZAKLJUČCI

Na temelju provedenog istraživanja i dobivenih rezultata može se zaključiti:

1. Osnovni kemijski sastav te sastav masnih kiselina petrovog uha pokazuje značajne varijacije tijekom različitih godišnjih doba.
2. Tijekom ljeta, u tkivima petrovog uha utvrđen je najveći udio vode (82,6 g/100 g) te najmanji udio proteina (13,2 g/100 g) i masti (1,15 g/100 g) što je posljedica iscrpljivanja energetske rezervi organizma tijekom mrijesta.
3. Udio proteina u tkivima petrovog uha najviši je tijekom proljeća (18,52 g/100 g) i jeseni (18,2 g/100 g) te je utvrđena statistički značajna razlika u odnosu na zimu i ljeto.
4. Udio masti pokazao je najmanju varijabilnost tijekom različitih godišnjih doba, pri čemu je najviši bio u jesenskom periodu (1,65 g/100 g) te je utvrđena statistički značajna razlika jedino u odnosu na ljetni period.
5. Udio zasićenih masnih kiselina najveći je tijekom ljeta (40,87 %), pri čemu je najzastupljenija zasićena masna kiselina palmitinska (C16:0) tijekom svih godišnjih doba.
6. Udio mononezasićenih masnih kiselina općenito je pokazao najmanju varijabilnost tijekom godine pri čemu je najviši bio tijekom ljetnog perioda (21,77 %), a najzastupljenija mononezasićena kiselina je oleinska (C18:1) tijekom svih godišnjih doba.
7. Udio polinezasićenih kiselina pokazao je najveću varijabilnost tijekom godine pri čemu je najveći udio utvrđen tijekom zimskog perioda (46,13 %), a tijekom svih godišnjih doba najzastupljenija je eikozapentaenska kiselina (C20:5).
8. Izrazito povećanje udjela polinezasićenih masnih kiselina tijekom zime posljedica je adaptacije organizma na niske temperature s ciljem očuvanja fluidnosti stanične membrane uslijed povećanja udjela polinezasićenih masnih kiselina s nižim talištem.
9. Omjer omega-3 i omega-6 najviši je tijekom proljeća (3:1), dok tijekom ostalih sezona iznosi 2:1.

## 6. LITERATURA

Abagold (2015) Abagold's products. <https://www.abagold.com/products/> Pristupljeno: 20. lipnja 2022.

Barrento S, Lupatsch I, Keay A, Christophersen G (2013) Metabolic rate of blue mussels (*Mytilus edulis*) under varying post-harvest holding conditions. *Aquat Living Resour* **26**, 241-247. <https://doi.org/10.1051/alr/2013050>

Bongiorno T, Iacumin L, Tubaro F, Marcuzzo E, Sensidoni A, Tulli F (2015) Seasonal changes in technological and nutritional quality of *Mytilus galloprovincialis* from suspended culture in the Gulf of Trieste (North Adriatic Sea). *Food Chem* **173**, 355-362. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.029>

Boye J, Wijesinha-Bettoni R, Burlingame B (2012) Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. *Brit J Nutr* **108**, 183-211. <https://doi.org/10.1017/S0007114512002309>

Brokordt K, Guderley H (2004) Energetic requirements during gonad maturation and spawning in scallops: sex differences in *Chlamys islandica*. *J Shellfish Res* **23**, 25-32.

Brown MR, Siker AL, Elliott NG, Tume RK (2008) Physicochemical Factors of Abalone Quality: A Review. *J Shellfish Res* **27**, 835-842. [http://doi.org/10.2983/0730-8000\(2008\)27\[835:PFOAQA\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.2983/0730-8000(2008)27[835:PFOAQA]2.0.CO;2)

Chen L, Wang Q, Cong X, Yu F, Xue Y, Tang Q, i sur. (2021) Seasonal Variations in Total Lipid and Fatty Acid Composition of *Haliotis discus Hannai* from Three Different Production Zones. *J Aquat Food* **30**, 416-425. <https://doi.org/10.1080/10498850.2021.1894287>

Chiou TK, Lai MM, Shiau CY (2001) Seasonal variations of chemical constituents in the muscle and viscera of small abalone fed different diets. *Fisheries Sci* **67**, 146-156. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2001.00211.x>

Cook JA, Eddingsaas AA, Loxterman JL, Ebbert S, MacDonald SO (2010) Insular arctic ground squirrels (*Spermophilus parryii*) of the North Pacific: indigenous or exotic? *J Mammal* **91**, 1401-1412. <https://doi.org/10.1644/09-MAMM-A-386.1>

De Zoysa JR (2013) Vasculitis in New Zealand. *Clin Exp Nephrol* **17**, 712-714. <https://doi.org/10.1007/s10157-012-0703-6>

Dumbauld B, Ruesink JL, Rumrill S (2009) The ecological role of bivalve shellfish aquaculture in the estuarine environment: A review with application to oyster and clam culture in West Coast (USA) estuaries. *Aquaculture* **290**, 196-223. <https://10.1016/j.aquaculture.2009.02.033>

Duncan P (2003) Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, 2 izd., University of the Sunshine Coast, Maroochydore DC, Queensland, Australia, 5222-5228.

Dunstan GA, Baillie HJ, Barrett SM, Volkman JK (1996) Effect of diet on the lipid composition of wild and cultured abalone. *Aquaculture* **140**, 115-127. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)01191-9](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)01191-9)

Elston JA, Hastie JD, Squires D (1999) Market linkages between the US and Japan: an application to the fisheries industry. *Jpn World Econ* **11**, 517-530.

Elston RA, Ford SE (2011) Shellfish Aquaculture and the Environment. U: Shumway SE (ured.) Shellfish Diseases and Health Management, the Department of Marine Sciences, University of Connecticut. <https://doi.org/10.1002/9780470960967.ch13>

Europska komisija (2000) Akvakultura i Natura. Održiva akvakultura u kontekstu ekološke mreže.

[https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/pdf/guidance\\_on\\_aquaculture\\_and\\_natura\\_2000\\_hr.pdf](https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/pdf/guidance_on_aquaculture_and_natura_2000_hr.pdf). Pristupljeno 18. lipnja 2022.

Gaughan DJ, Santoro K (2021) Status reports of the fisheries and aquatic resources of Western Australia 2019/20. State of the fisheries. Department of Primary Industries and Regional Development, Perth.

Ginekologija Boras (2019) Prehrana u trudnoći. Spriječite prijevremeni porod povećanim unosom EPA i DHA – omega-3 masnih kiselina, <https://ginekologija-boras.hr/prehrana-u-trudnoci-sprijecite-prijevremeni-porod-povecanim-unosom-epa-i-dha-omega-3-masnih-kiselina/> Pristupljeno: 20. lipnja 2022.

Givens DI, Klierm KE, Gibbs RA (2006) The role of meat as a source of n – 3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. *Meat Sci* **74**, 209-218. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.008>

Guschina IA, Harwood JL (2006) Lipids and lipid metabolism in eukaryotic algae. *Prog Lipid Res* **45**, 160–186. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2006.01.001>

Hatae K, Nakai H, Shimada A, Murakami T, Takada K, Shirojo Y, i sur. (1995) Abalone (Hariltis discus): Seasonal Variations in Chemical Composition and Textural Properties. *J Food Sci* **60**, 32-35. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1995.tb05600.x>

Han SW, Chee KM, Cho SJ (2014) Nutritional quality of rice bran protein in comparison to animal and vegetable protein. *Food Chem* **172**, 766-769. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.127>

ISO 5508:1990 Animal and vegetable fats and oils — Analysis by gas chromatography of methyl esters of fatty acids

ISO 5509:2000 Animal and vegetable fats and oils — Preparation of methyl esters of fatty acids

Johnsen CR, Abrahamsen L, Stahl Skov P, Johansen N, Poulsen LK (1991) Aeroallergen analyses and their clinical relevance. *Allergy* **46**, 492-501. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.1991.tb00611.x>

Judge TA, Jackson CL, Shaw JC, Scott BA (2007) Self-Efficacy and Work-Related Performance: The Integral Role of Individual Differences. *J Appl Psychol* **92**, 107-127. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.92.1.107>

Kantha SS (1989) Carotenoids of edible molluscs; a review. *J Food Biochem*, **13**, 429-442. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.1989.tb00410.x>

Kim JM, Vanguri S, Boeke JD, Gabriel A, Voytas DF (1998) Transposable elements and genome organization: a comprehensive survey of retrotransposons revealed by the complete *Saccharomyces cerevisiae* genome sequence. *Genome Res*, **5**, 464-478.

Kim M, Moon Y, Tou J, Mou B, Waterland N (2016) Nutritional Value, Bioactive Compounds and Health Benefits of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) *J Food Compos Anal* **49**, 19-34. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.03.004>

Larsen RN, Mann NJ, Maclean E, Shaw JE (2011) The effect of high-protein, low-carbohydrate diets in the treatment of type 2 diabetes: a 12 month randomised controlled trial. *Diabetologia*, **54**, 731-740. <https://10.1007/s00125-010-2027-y>

- Latuihamallo M, Iriana D, Apituley D (2015) Amino Acid and Fatty Acid of Abalone *Haliotis Squamata* Cultured in Different Aquaculture Systems. *Proc Food Sci* **3**, 174-181. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.01.019>
- Li B, Zhang X, Guo F, Wu W, Zhang T (2003) Characterization of tetracycline resistant bacterial community in saline activated sludge using batch stress incubation with high-throughput sequencing analysis. *Water Re* **47**, 4207-4216.
- Lin PY, Su KP (2007) A meta-analytic review of double-blind, placebo-controlled trials of antidepressant efficacy of omega-3 fatty acids. *J Clin Psychiatry* **68**, 1056-1061. <https://doi.org/10.4088/jcp.v68n0712>
- Lou Q, He J, Hu L, Yin Z (2012) Biochimica et biophysica acta. *Mol Cell Re* **5**, 1024-1032.
- Maoka T (2011) Carotenoids in Marine Animals. *Mar Drugs* **9**, 278-293. <https://doi.org/10.3390/md9020278>
- Matsumoto ML, Wickliffe KE, Dong KC, Yu C, Bosanac I, i sur. (2010) K11-linked polyubiquitination in cell cycle control revealed by a K11 linkage-specific antibody. *Mol Cell* **39**, 477-484. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2010.07.001>
- Moodley G, Mashigo L, Lalloo R, Singh S (2014) Sustainable Aquaculture Techniques, str. 209-235.
- Oakes FR, Ponte RD (1996) The abalone market: Opportunities for cultured abalone. *Aquaculture* **140**, 187-195. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)01189-7](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)01189-7)
- Orban E, Di Lena G, Navigato T, Casini I, Caproni R, Santaroni G, i sur. (2007) Nutritional and commercial quality of the striped venus clam, *Chamelea gallina*, from the Adriatic sea. *Food Chem* **101**, 1063-1070. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.005>
- Orban E, Di Lena G, Navigato T, Casini I, Marzetti A, Caproni R (2001) Seasonal changes in meat content, condition index and chemical composition of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) cultured in two different Italian sites. *Food Chem* **77**, 57-65. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00322-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00322-3)
- Park HG, Yeo MK (2014) Metabolic gene expression profiling of Zebrafish embryos exposed to silver nanocolloids and nanotubes. *Mol Cell Toxicol* **10**, 401-409. <https://doi.org/10.1007/s13273-014-0045-4>



- Pleadin J, Kvirgić K, Zrnčić S, Lešić T, Koprivnjak O, Vulić A, i sur. (2019) Variations in nutritive composition of three shellfish species. *Ital J Food Sci* **31**, 716-730.
- Prashanth KVH, Tharanathan RN (2007) Chitin/chitosan: modifications and their unlimited application potentialdan overview. *Food Sci Tech* **18**, 117-131. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.10.022>
- Ramakrishnan U, Aburto N, McCabe G, Martorell R (2004) Multimicronutrient interventions but not vitamin a or iron interventions alone improve child growth: results of 3 meta-analyses. *J Nutr* **134**, 2592-2602. <https://doi.org/10.1093/jn/134.10.2592>
- Riediger ND, Othman RA, Moghadasia MH (2009) A Systemic Review of the Roles of n-3 Fatty Acids in Health and Disease. *J Am Diet Assoc* **109**, 668-679. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2008.12.022>
- Sánchez FM, Aguirre- Munoz A, Samaniego- Herrera A, Bedolla Y, Cardenas AG, Mayoral ER, i sur. (2021) Involvement of a Fishing Community in the Eradication of the Introduced Cactus Mouse (*Peromyscus eremicus cedrosensis*) from San Benito Oeste Island, Mexico. *Diversity* **13**, 588. <https://doi.org/10.3390/d13110588>
- Simopoulos AP (1991) Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am J Clin Nutr* **54**, 438-463. <https://doi.org/10.1093/ajcn/54.3.438>
- Suleria HAR, Masci PP, Gobe GC, Osborne SA (2015) Therapeutic Potential of Abalone and Status of Bioactive Molecules: A Comprehensive Review. *Cr Rev Food Sci* **57**, 1742-1748. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1031726>
- Vacquier VD, Swanson WJ, Metz EC, Stout CD (1999) Acrosomal Proteins of Abalone Spermatozoa, Elsevier, str. 49-81. [https://doi.org/10.1016/S1064-2722\(08\)60016-X](https://doi.org/10.1016/S1064-2722(08)60016-X)
- WHO (2002) Obesity. WHO-World Health Organization, [https://www.who.int/health-topics/obesity#tab=tab\\_3](https://www.who.int/health-topics/obesity#tab=tab_3). Pristupljeno 26. travnja 2022.
- Will M (2009) Genetic variation in New Zealand abalone, *Haliotis iris* (doktorski rad), Biological Science, University of Canterbury, New Zealand.
- Zenth K, Kristensen M (2001) Pigtailling of integrated optical components, Research Center COM, Technical University of Denmark.

## IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja Željana Obradović izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

---

Vlastoručni potpis