



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET  
Departman za veterinarsku medicinu

# **UTICAJ DODATKA LANENOG ULJA U HRANI NA PROMENU SADRŽAJA MASNIH KISELINA U MIŠIĆNOM TKIVU ŠARANA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentori :

Prof.dr Miroslav Ćirković

Dr. Vesna Đorđević

Kandidat :

mr. sc. Boris Župan DVM

Novi Sad, 2015. godine

UNIVERZITET U NOVOM SADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET  
Department za veterinarsku medicinu

**UTICAJ DODATKA LANENOG ULJA  
U HRANI NA PROMENU SADRŽAJA  
MASNIH KISELINA U MIŠIĆNOM  
TKIVU ŠARANA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentori :

Prof.dr Miroslav Ćirković

Dr. Vesna Đorđević

Kandidat :

mr. sc. Boris Župan DVM

Novi Sad, 2015. godine

**UNIVERZITET U NOVOM SADU**  
**POLJOPRIVREDNI FAKULTET**

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR	Doktorski rad
Ime i prezime autora: AU	mr Boris Župan
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	dr Miroslav Ćirković
Naslov rada: NR	Uticaj dodatka lanenog ulja u hrani na promenu sadržaja masnih kiselina u mišićnom tkivu šarana
Jezik publikacije: JP	Srpski jezik
Jezik izvoda: JI	srp. / eng.
Zemlja publikovanja: ZP	Republika Srbija
Uže geografsko područje:	AP Vojvodina

UGP	
Godina: GO	2016
Izdavač: IZ	autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, 21 000, Novi Sad
Fizički opis rada: FO	7 poglavlja/134 stranice/38 slika/46 tabela/7 grafikona/200 referenci
Naučna oblast: NO	Veterinarska medicina
Naučna disciplina: ND	Kvalitet mesai ishrana riba
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	šaran ( <i>Cyprinus carpio</i> ), ishrana, laneno ulje, sastav masnih kiselina, odnos $\omega$ -3/ $\omega$ -6
UDK	597.555.3:582.741:547.915 (043.3)
Čuva se: ČU	Biblioteka Poljoprivrednog fakulteta Novi Sad
Važna napomena: VN	Nema

Izvod: IZ

Cilj istraživanja bio je da se utvrdi u kojoj meri dodavanje lanenog ulja u peletirane krmne smješe i ishrana tovnog šarana tako obogaćenom hranom utječe na količinu masti i kompoziciju masnih kiselina u mesu ribe. Krmne smješe u svim grupama istraživanja su bile istog sirovinskog sastava, osim dodatka lanenog ulja koje se menjalo (2,0; 3,0; 4,0; 5,0% i 6% u drugom ogledu) i masti (Magnapac) koja je smanjivana za istu postotnu vrednost dodatkom lanenog ulja. Većim delom istraživanog razdoblja fizičko-hemijski parametri vode su u svim eksperimentalnim ribnjacima varirali u pogodnim vrednostima za uzgoj toplovodnih riba. Udio C18:1 cis-9 statistički je značajno najniži u kontrolnoj grupi i iznosi 35,43%. Povećanjem vrednosti lanenog ulja povećava se i udio C18:1 cis-9. Statistički najviša vrednost C20:0 je kod uzoraka hranjenih s dodatkom 5% lanenog ulja. Najniža vrednost C20:3  $\omega$ -3 je u kontrolnoj grupi i iznosi 0,22% a značajno najviša u grupi koja se hrani s dodatkom 5% lanenog ulja. S obzirom na dodatak lanenog ulja u hrani, nema značajnih razlika kod ukupnih zasićenih, mononezasićenih, polinezasićenih i omega-6 masnih kiselina. Najveći udio  $\omega$ -3 masnih kiselina utvrđen je u uzorcima šarana kojima je u hranu dodano 5% lanenog ulja (5,41%) U drugom ogledu utvrđena je opravdanost upotrebe lanenog ulja u hrani za ribe u odnosu na efekte koji su dobijeni u mesu. Omjer  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 masnih kiselina značajno se povećao u grupama

<p>kojima je u hranu dodat veći dio lanenog ulja (0,21 u kontrolnoj grupi do 0,30% u grupi s dodatkom 5% lanenog ulja). Vrednostiholesterola se nisu značajno menjale dodavanjem lanenog ulja u ishrani šarana.</p>	
<p>Datum prihvatanja teme od strane Senata:</p> <p>DP</p>	<p>08.07.2011.</p>
<p>Datum odbrane:</p> <p>DO</p>	
<p>Članovi komisije:</p> <p>(ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status)</p> <p>KO</p>	<p>mentor: dr Miroslav Ćirković, naučni savetnik, Naučni institut za veterinarstvo Novi Sad</p> <hr/> <p>mentor: dr Vesna Đorđević, naučni saradnik, Institut za higijenu i tehnologiju mesa Beograd</p> <hr/> <p>predsednik: dr Ivan Bogut, redovni profesor, Poljoprivredni fakultet Osijek</p> <hr/> <p>član: dr Dragan Rogan, redovni profesor, Poljoprivredni fakultet Novi Sad</p> <hr/> <p>član: dr Nikolina Novakov, docent, Poljoprivredni fakultet Novi Sad</p> <hr/>

# University of Novi Sad

## Faculty of Agriculture

### Key word documentation

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	PhD thesis
Author: AU	Boris Župan, MSc
Mentor: MN	Miroslav Ćirković, PhD
Title: TI	The effect of the addition of linseed oil in the food to change the content of fatty acids in the muscle tissue of the carp
Language of text: LT	Serbian
Language of abstract: LA	eng. / srp.
Country of publication: CP	Republic of Serbia

Locality of publication: LP	Vojvodina
Publication year: PY	2016
Publisher: PU	Author's reprint
Publication place: PP	Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad

Physical description: PD	7 chapter, /134 pages/38 pictures/46 tables/7 graphs/200 references
Scientific field SF	Veterinary medicine
Scientific discipline SD	The quality of fish meat and fish feeding
Subject, Key words SKW	carp ( <i>Cyprinus carpio</i> ), nutrition, linseed oil, fatty acid composition, the ratio of $\omega$ -3/ $\omega$ -6
UC	597.555.3:582.741:547.915 (043.3)
Holding data: HD	Library of Faculty of Agriculture
Note: N	None

Abstract: AB

The aim of this study was to determine to what extent adding flaxseed oil to pellet diet and fattening carp so enriched food affects the amount of fat and the composition of fatty acids in fish meat. Feed mixtures in all the studied groups were the same composition, except for the addition of linseed oil to be changed (2.0; 3.0; 4.0; 5.0% and 6%) and fat (Magnapac), which was reduced by the same percentage value addition linseed oil. During substantial period of research physico-chemical parameters of water in all experimental ponds ranged in values suitable for the cultivation of warm-water fish. Share C18:1 cis-9 was statistically significantly lowest in the control group and amounted 35.43%. By increasing the value of flaxseed oil increases the proportion of C18:1 cis-9. Statistical highest value of C20:0 in the samples fed with the addition of 5% linseed oil. The lowest value of C20:3  $\omega$ -3 in the control group is 0.22% and significantly highest in the group that feeds supplemented with 5% linseed oil. Due to the addition of linseed oil in the food, there is no significant difference in total saturated, monounsaturated, polyunsaturated omega-6 fatty acids. The largest proportion of  $\omega$ -3 fatty acids found in samples of carp which was in food supplemented with 5% linseed oil (5.41%). The experimental results of the second experiment show the usefulness of using of linseed oil in fish food regarding the meat quality. The ratio  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 fatty acid increased significantly in the group that is added to food in a higher proportion of linseed oil (0.21 in the control group to 0.30% in the group with addition of 5% linseed oil). The value of cholesterol was not significantly changed by adding linseed oil to the diet of carp.

Accepted on Senate on:

08.07.2011.

AS

Defended:

DE

Thesis Defend Board:

DB

mentor: Miroslav Ćirković, PhD, research fellow,  
Scientific Veterinary Institute Novi Sad

---

mentor: Vesna Đorđević, research associate, Institute  
for Food Technology and Meat Hygiene Belgrade

---

president: Ivan Bogut, full professor, Faculty of  
Agriculture Osijek

---

member: Dragan Rogan, full professor, Faculty of  
Agriculture

---

member: Nikolina Novakov, associated professor,  
Faculty of Agriculture

---



## SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	5
2.1. Masti i lipidi	5
2.2. Hemijski sastav i klasifikacija masti	6
2.3. Svarljivost i metabolizam lipida	7
2.4. Masne kiseline	9
2.5. Metabolizam masnih kiselina	11
2.6. Značaj PUFA za ljudsku ishranu	14
2.6.1. Značaj semenki lana i lanenog ulja u ishrani ljudi	20
2.7. Uticaj ishrane na količinu masti i udeo masnih kiselina u mesu šarana	22
2.8. Količina masti i kompozicija masnih kiselina u mesu riba	26
2.9. Potrebe riba za mastima	33
2.10. Potrebe riba za esencijalnim masnim kiselinama	35
2.11. Značaj lanenog ulja u ishrani domaćih životinja i riba	36
2.12. Užeglost masti	39
2.12.1. Antioksidansi	40
3. CILJ ISTRAŽIVANJA I NAUČNA HIPOTEZA	42
4. MATERIJAL I METODE RADA	42
4.1. Opis lokaliteta	42
4.2. Uslovi postavljanja ogleđa	43
4.3. Proizvodnja oglednih smeša	44
4.4. Nasad dvogodišnjeg šarana u kaveze	50
4.5. Plan istraživanja	50
4.6. Ishrana šarana	51
4.7. Praćenje fizičko-hemijskih parametara vode	52
4.8. Praćenje proizvodnih rezultata	53
4.9. Analitičke metode	55
4.10. Ekstrakcija ukupnih lipida za određivanje masnih kiselina	56
4.11. Analiza sastava masnih kiselina	57
4.12. Određivanje sadržaja holesterola u mesu ribe	57
4.13. Statistička obrada podataka	58

5. REZULTATI I DISKUSIJA	59
5.1. Rezultati fizičko-hemijskih pokazatelja vode	59
5.1.1. Temperatura vazduha i vode	60
5.1.2. Prozirnost vode	63
5.1.3. Koncentracija rastvorenog kiseonika	66
5.1.4. Koncentracija ugljen-dioksida	72
5.1.5. Alkalitet vode	74
5.1.6. Koncentracija amonijumjona	78
5.1.7. Koncentracija nitratnih jona	80
5.1.8. Organsko zagađenje	82
5.1.9. Povezanost fizičko-hemijskih pokazatelja vode	83
5.2. Proizvodni rezultati	85
5.2.1. Prosečna individualna masa	85
5.2.2. Prosečni periodični individualni prirast	89
5.2.3. Prosečni individualni dnevni prirast	90
5.2.4. Individualna specifična brzina rasta	93
5.2.5. Dnevni prirast ihtiomase	94
5.2.6. Utrošak hrane	96
5.2.7. Hranidbeni koeficijent	97
5.2.8. Uginuća i preživljavanje tokom gajenja	99
5.3. Vrednost analize uzorka šarana prema dodatom lanenom ulju u hrani	103
6. ZAKLJUČCI	116
7. LITERATURA	119

## 1. UVOD

Šaran (*Cyprinus carpio*) je najviše i najduže uzgajana slatkovodna riblja vrsta. S obzirom na areal rasprostranjenja poznate su 3 podvrste šarana: *Cyprinus carpio carpio*, *Cyprinus carpio haematopterus* i *Cyprinus carpio viridiviolaceus*. Podvrsta *Cyprinus carpio carpio* smatra se pretkom srednjoevropskih šarana koji se u vreme mlađeg tercijera počeo širiti iz Male Azije na zapad. Pravac širenja u današnja područja verovatno je išao rekom Dunav. Za rasprostranjenost šarana u reke evropskog dela Sredozemnog mora su zaslužni stari Rimljani. Oni su u više navrata preseljavali šarane iz reka Male Azije. Nasad i aklimatizacija šarana u južnoj i zapadnoj Evropi događala se u doba Rimskog carstva, a nastavila se i u doba hrišćanstva. Uzgoj u ribnjacima počeo je s podvrstom *Cyprinus carpio carpio*. Na osnovi poznatih podataka može se zaključiti da je najveći uticaj na nastanak evropskih plemenitih rasa i sojeva šarana imala podvrsta *Cyprinus carpio haematopterus* (Vandeputte, 2003).

Šaran je dobro poznata vrsta za uzgoj sa dobro utvrđenim reprodukcijom ciklusom. Tradicionalan način gajenja obavlja se u plitkim zemljanim ribnjacima. Zavisno od klimatskog područja, uzgojni ciklus u Evropi traje 2 - 4 godine. Prema načinu ishrane šaran je omnivor. U prirodnim uslovima hrani se zooplanktonom, bentosom i organskim otpadom, au ribnjacima uz prirodnu hranu i različitim žitaricama. Sistem za varenje šarana prilagođen je ishrani koja uključuje više ugljenih hidrata nego ribe iz grupe karnivora.

Prema navodu iz SOFIA (2010) u nekoliko poslednjih decenija ukupan ulov ribe u svetu je relativno stabilan. Predviđa se da će tako ostati i u budućnosti, jer nije moguće dalje povećavanje ulova zbog mogućeg iscrpljivanja rezervi. Proizvodnja u akvakulturi je jedino rešenje koje može zadovoljiti povećane potrebe potrošača za ribom. Stoga je akvakultura sa stopom rasta od oko 8,3% godišnje najbrže rastuće područje proizvodnje hrane animalnog porekla. Godine 2008. proizvodnja riba u akvakulturi iznosila je 52.500.000 tona, a kad se uključe i vodene biljke, tada je ukupna količina u akvakulturi iznosila 68.300.000 tona. Prema FAO podacima, svetska proizvodnja šarana u 2010. godini iznosila 2.987.433 tone, a proizvodnja u Evropi 144.747 tone (Mraz, 2011).

Šarani predstavljaju najveći deo gajene ribe koji čini oko 70% proizvodnje u slatkovodnoj akvakulturi. Najveća proizvodnja šarana u Evropi odvija se u srednjoj i istočnoj Evropi gde se šarani uzgajaju u ribnjacima uz primenu tradicionalnih poluintenzivnih tehnika gajenja (Mraz, 2011).

Danas, kada se ljudska populacija godišnje povećava za oko 70 miliona ljudi, potrebno je obezbediti dovoljnu količinu belančevina animalnog porekla, a ribarstvo bi tome trebalo dati značajan doprinos. Procena je da je ulov ribe iz otvorenih voda (mora, reka i jezera) dostigao održivi maksimum, pa će se potrebne količine belančevina animalnog porekla nadoknaditi ribom gajanom u ribnjacima, kavezima, recirkulaciji ili na drugi način (Bogut et al., 2010).

Većina nutricionista se slaže da je riba potpuna namirnica jer ispunjava tri osnovna zahteva koji namirnicu čine visokovrednom, a to su: laka svarljivost, pogodan biološki odnos aminokiselina i masnih kiselina, te važan sadržaj vitamina i minerala (Fleck et al., 2007). Laka svarljivost ribljeg mesa posledica je sadržaja kratkih mišićnih vlakana, specifičnih jedinjenja azota koji povoljno utiču na lučenje probavnih enzima i manjka skleroproteina (kolagen i elastin). Sastav aminokiselina u ribljem mesu sličan je sastavu aminokiselina jaja, pri čemu je u ribljem mesu manje aminokiselina koje sadrže sumpor, a znatno više lizina i leucina koji su važni u vreme rasta organizma (Perović, 1996; Cantoni et al., 1999). Sadržaj mineralnih materija u ribljem mesu znatno je viši nego u mesu toplokrvnih životinja, kao i sadržaj vitamina E i D, rastvorljivih u mastima. Višestruko je viši sadržaj kalijuma, dok je važna biološka vrednost ribljeg mesa u visokom udelu fluora i joda. Redovno konzumiranje ribljeg mesa obogaćuje ishranu selenom, a ribe koje potrošači konzumiraju s kostima (sitna plava riba) obezbeđuju potrebnu količinu svarljivog kalcijuma na nivou mleka i mlečnih proizvoda. Riblje meso važan je izvor esencijalnih masnih kiselina (EFA) i polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) nužnih u ljudskoj ishrani.

Povećanje dela i značaj ribe u ishrani ljudi počelo je nakon studije sprovedenih sedamdesetih godina 20. veka, u kojima je utvrđeno da Eskimi uprkos masnoj ishrani manje obolevaju od srčanih bolesti, a smrtnost je znatno niža od prosečne. Naime, uočeno je da oni u svojoj ishrani ribom, tuljanima i kitovima, unose u organizam polinezasićene masne kiseline  $\omega$ -3 grupe ( $\omega$ -3 PUFA). Brojna istraživanja su pokazala da PUFA imaju protektivnu ulogu u sprečavanju srčanih obolenja i dijabetesa, razvojunervnog i moždanog tkiva, smanjenju upalnih procesa, artritisa, astme, psorijaze, ulceroznog kolitisa i smanjenju depresije (Benatti et al., 2004; Katalenić, 2007).

Hranidbena vrednost i sastav masnih kiselina (FA, eng. fatty acid) u mesu slatkovodnih riba može se menjati. Njihov udeo u ribljem mesu zavisi od niza faktora, a najvažniji su: vrsta i dob ribe, sistem gajenja, ishrana riba i godišnje doba. Utvrđeno je da šarani iz otvorenih voda

(reke, jezera) hranjeni prirodnom hranom koju čine fitoplankton, zooplankton i bentos, ima znatno više  $\omega$ -3 PUFA prikladniji i povoljniji (uži) odnos  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 FA. Takav nalaz je očekivan s obzirom da je upravo prirodna, biljna hrana, bogat izvor  $\omega$ -3 PUFA. Šarani hranjeni žitaricama kao dodatnom hranom, sadržavali su manje  $\omega$ -3 PUFA, a oni kojima je u hranu dodavano riblje ulje sadržavali su više pomenutih FA (Buchtova et al., 2007; Čulin, 2011).

Osim u ljudskoj ishrani ribom, riblje brašno i riblje ulje tradicionalno se koriste u ishrani riba, svinja, živine i drugih domaćih životinja. Riblje ulje sadrži visoku koncentraciju  $\omega$ -3 PUFA (dužina ugljenikovog lanca je veća ili jednaka 20 ugljenikovih atoma sa 1-3 dvostruke veze). Eikozapenska (EPA) i dokozaheksaenska (DHA) masne kiseline predstavljaju zdravu ishranu za ribe kao i za ljude. Budući da se proizvodnja u akvakulturi povećava, riblje meso i riblje ulje postaju sve skuplji. Posledica toga je stvaranje visokog pritiska na proizvođače hrane, da zamene navedene sastojke održivim alternativama (Pickova and Morkore, 2007). Kao zamena za riblje ulje i meso koriste se biljni izvori ulja i proteina. Biljno ulje može zameniti najveću količinu ribljeg ulja u ishrani mnogih ribljih vrsta bez uticaja na rast i efikasnost hranjenja. Nedostatak alternativne ishrane je manjak  $\omega$ -3 PUFA, što dovodi u pitanje prehrambenu vrednost gajene ribe za potrebe potrošača. Nekoliko alternativnih izvora ulja, na primer: jednoćelijske alge, organizmi iz morskih dubina i beskičmenjaci bentosa sadrže velike količine  $\omega$ -3 masnih kiselina te su prepoznati i testirani kao hrana za akvakulturu. Njihova je cena još uvek previsoka da bi se mogli koristiti kao uobičajena hrana (Turchini et al., 2009).

Postoje dva izvora  $\omega$ -3 PUFA u mesu šarana proizvedenih u ribnjacima. Jedan je izvor prirodna hrana, odnosno plankton i bentos, koji su bogati navedenim kiselinama, a drugi su izvor  $\omega$ -3 PUFA koje šarani sintetisu iz alfa-linolenske kiseline (ALA). Objavljeno je da su šarani, za razliku od morske ribe, u stanju obaviti biokonverziju ALA u EPA i DHA i na taj način obezbediti za ljude biološki neophodne masne kiseline (Farkas, 1984; Olsen et al., 1990; Tocher, 2003, Zheng et al., 2004).

Trattner (2009) navodi da je riba životna namirnica s najvećim udelom omega 3 masnih kiselina, posebno eikozapentenske kiseline (EPA, 20: 5  $\omega$  -3) i dokozaheksenske kiseline (DHA, 22: 6  $\omega$  -3). Henderson i Tocher, (1987) i Trattner (2009) ističu da godišnje doba i ishrana utiču na udeo lipida u ribi, dok na sastav masnih kiselina najviše utiče ishrana.

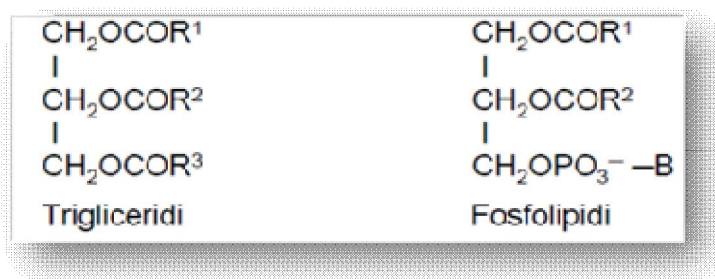
Uzimajući u obzir održivi trend okoline i novi stil ishrane stanovništva kao i raspoložive količine ribljeg ulja sa jedne strane i masnokiselinski sastav lanenog ulja s druge strane, cilj

naših istraživanja je ustanoviti u kolikoj meri se riblje ulje može zameniti lanenim uljem. Cilj zamene ribljeg ulja sa lanenim uljem bio je da se sastave nove formule za hraniva u akvakulturi, kako bi se postigla održiva proizvodnja i kompozicija bitnih masnih kiselina u mesu riba.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Masti i lipidi

Masti su zajedno sa jedinjenjima sličnim mastima svrstani u grupu lipida. Zajednička osobina je nerastvorljivost u vodi, a rastvorljivost u organskim rastvaračima kao što su benzin, eter, hloroform ili smesi hloroform-eter. U vodenoj sredini stvaraju koloidne rastvore. Lakše su od vode, slabi su provodnici toplote pa zbog toga u organizmu služe kao termoizolatori. U prirodnom obliku nalaze se u biljnom i životinjskom tkivu (Stryer, 1991). Većina nutricionista lipide dele u tri grupe. Prvu grupu čine jednostavni lipidi (estri masnih kiselina i različitih alkohola), u koje spada triacilglicerol (Slika 1). Drugu grupu čine složeni lipidi gde spadaju estri masnih kiselina sa dodatnim grupama kao što su fosfatna grupa, ugljeni hidrati (glikolipidi, gangliozi) i proteini (lipoproteini). Trećoj grupi pripadaju prekursori i derivati lipida koji uključuju masne kiseline, glicerol, steroide, vitamine, hormone, masne aldehide, ketonska tela, holesterol i estere holesterola.



**Slika 1. Struktura triacilglicerola (TAG) i fosfolipida.**  
**R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> = alkilne grupe; B = etanolamin**

Najvažnije grupe lipida koje se koriste u ishrani riba su triacilgliceroli ili trigliceridi i fosfolipidi. Triacilgliceroli su triesteri glicerola i tri masne kiseline, a fosfolipidi su estri dve masne i jedne fosforne kiseline koja je diesterskom vezom vezana na alkohol (najčešće etanolamin, holin, serin ili inozitol). Fizičke osobine triacilglicerola kao što su tačka rastvorljivosti, agregatno stanje, relativna gustina i indeks prelamanja, zavise o masnim kiselinama koje ulaze u njihov sastav.

Masti se u telu riba nalaze uglavnom u dva oblika, čijese funkcije bitno razlikuju. Prvi je oblik skladišta ili rezervna mast, koja predstavlja energetski element, a drugi je tkivna mast, koja

služi kao gradivni element. Osim navedenih, u krvi se nalazi i treći funkcionalni oblik, tzv. transportni oblik masti (Bogut et al., 2013).

Od hranljivih materija koje se koriste u ishrani riba lipidi su najbogatiji izvor energije. Njihova energetska vrednost je  $38 \text{ kJ} \times \text{g}^{-1}$ , dok je energetska vrednost proteina  $17.5 \text{ kJ} \times \text{g}^{-1}$ , a ugljenih hidrata  $18 \text{ kJ} \times \text{g}^{-1}$ . Kao izvori energije lipidi mogu biti zamenjeni ugljenim hidratima i proteinima.

S pogleda ishrane, lipidi su jedini izvor esencijalnih masnih kiselina. Oni utiču na ukus riblje hrane, teksturu i ukus ribljeg mesa. Lipidi su biološki nosači u mastima rastvorljivih vitamina. Osim neutralnih masti, u ćelijama ribljeg tela nalaze se i druge vrste lipida koji su u visokom procentu zastupljeni u ćelijskoj membrani i zidovima citoplazmatskih organela. Stoga su navedene membrane selektivno propusne za veliki broj rastvorenih materija (Čulin, 2011).

Guillaume et al. (2001) iznose da su lipidi uz ostale hranljive materije vrlo važan sastojak riblje hrane. S praktičkog gledišta, lipidi se u hranu dodaju kao izvor energije, kako bi se proteini iskoristili za rast organizma. Ovaj faktor postaje sve značajniji zbog stalnog porasta cene proteina u svetu. Osim količine lipida u hrani, potrebno je poznavati i njihov sastav, jer su oni jedini izvor esencijalnih masnih kiselina. Povećan nivo lipida u ribljoj hrani ima za posledicu povećanje lipida u mesu, adipoznom tkivu i visceralnoj šupljini ribe. Drugo ograničenje odnosi se na proizvođače riblje hrane. Peletirana krmna smesa, s visokim procentom masti, zahteva i odgovarajuće skladištenje, kako bi se usporili hidroliticki i oksidativni procesi. Brojnim istraživanjima je utvrđeno da potrebe riba za mastima zavise od vrste i kategoriji riba te o izvoru masti (Takeuchi et al., 1980; Sargent et al., 1989).

Snabdevanje riba lipidima od vitalne je važnosti. Iz njih se ribe snabdevaju esencijalnim masnim kiselinama koje se ne mogu sintetisati u organizmu, a važne su za ćelijski metabolizam i sintezu prostaglandina.

Lipidi služe i kao vektor tokom crevne apsorpcije liposolubilnih vitamina i karotenoidnih pigmenata od kojih zavisi boja mesa. Na kraju, lipidi imaju ključnu ulogu u snabdevanju energijom, što je naročito važno za ribe koje teže vare složene ugljene hidrate (Bogut, 1995; Bogut et al., 2013).

## **2.2. Hemijski sastav i klasifikacija masti**

Kiselinski sastav masti čine nerazgranate monokarboksilne masne kiseline, a alkoholna komponenta je trovalentni glicerol, koji sadrži tri hidroksilne grupe (Stryer, 1991).



Glicerol može stvarati monoacil-, diacil- i triacil glicerole. U sastav triacilglicerola dolaze najčešće dve ili, ređe, tri različite masne kiseline. Masti iz prirodnih izvora su gotovo uvek smeše mnogobrojnih triacilglicerola (Stryer, 1991).

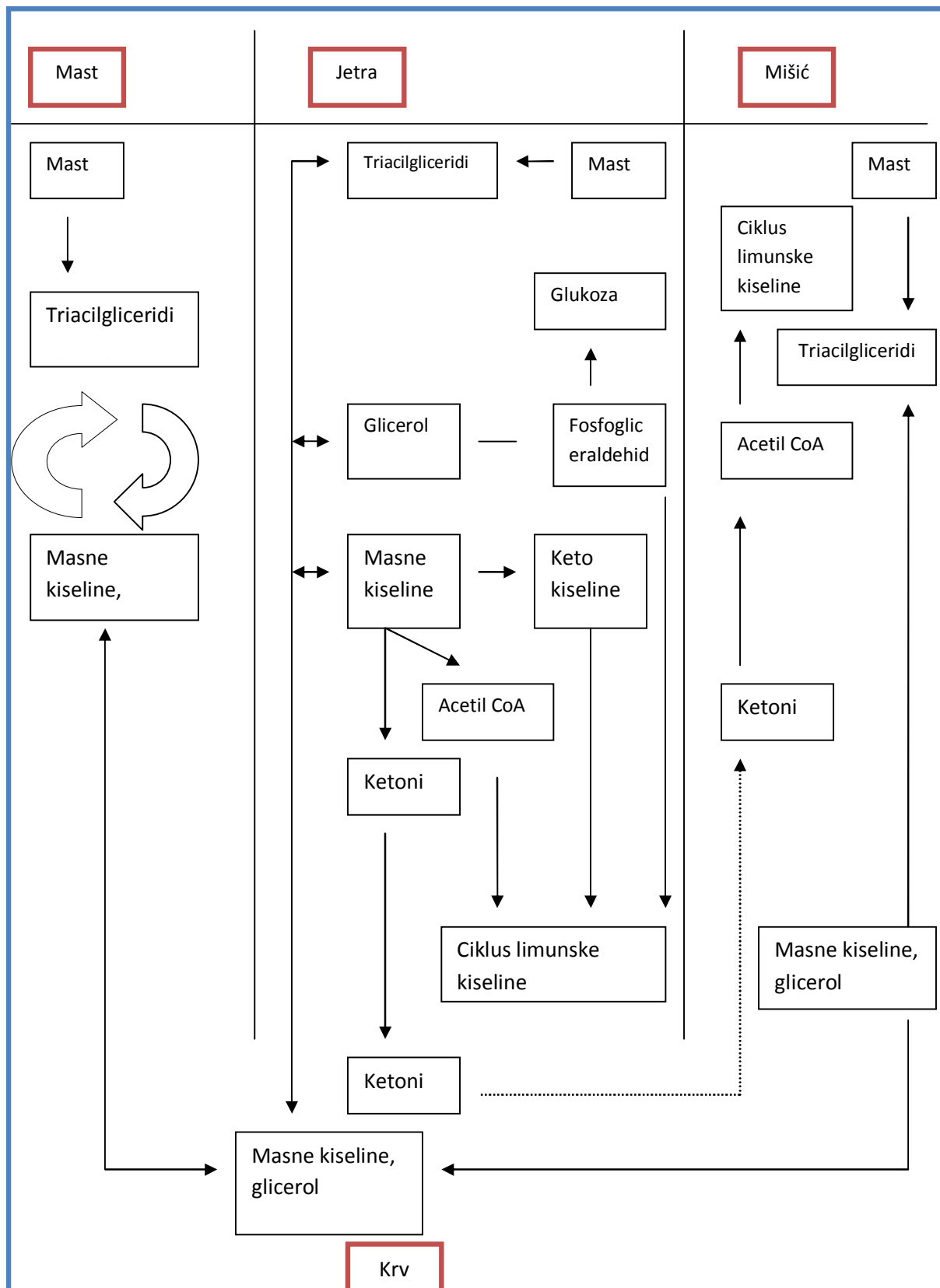
Tacon (1990), lipide deli na jednostavne i složene. U jednostavne spadaju masti, ulja i voskovi, koji su po hemijskom sastavu estri masnih kiselina sa različitim alkoholima. U složene lipide spadaju fosfolipidi, glikolipidi, gangliozidi i lipoproteini. Prema hemijskom sastavu to su estri masnih kiselina koji, osim alkohola i masne kiseline, sadrže i druge grupe. Isti autor navodi da su lecitini, cefalini i sfingomijelin tri glavna oblika fosfolipida u telu riba. Oni nisu energetske, već su građevni element i učestvuju u izgradnji različitih membranskih struktura. Najvažnija uloga fosfolipida je izgradnja ćelijskih membrana, membrana endoplazmatskog retikuluma i mitohondrija. Osim navedenog, uloga fosfolipida je u prenosu masnih kiselina kroz crevnu sluzokožu prvo u limfu, a zatim u krv.

### **2.3. Svarljivost i metabolizam lipida**

Lipidi su u osnovi dobro svarljivi. Međutim, postoji i izuzetak koji je rezultat visoke tačke rastvorljivosti zbog koje lipidi ostaju čvrsti na temperaturi vode u kojoj ribe žive. Proces hidrogenizacije ulja koji se sprovodi s ciljem poboljšanja njihove otpornosti na oksidaciju, čini ih manje svarljivim. Tačka rastvorljivosti triacilglicerola najviše zavisi o sastavu masnih kiselina.

Polinezasićene masne kiseline su uglavnom dobro svarljive. Koeficijent svarljivosti PUFA kod atlantskog lososa iznosi 90-98%, ukoliko su unesene kao slobodni triacilgliceroli ili masne kiseline. Svarljivost zasićenih masnih kiselina je slabija, a smanjuje se sa dužinom ugljenikovog lanca. Tako svarljivost miristata kod atlantskog lososa iznosi 70% (14: 0), a stearata 50% (18: 0). Slična svarljivost je utvrđena i kod drugih vrsta riba, kao što su pastrmka i šaran (Steffens, 1985; Guillaume et al., 2001).

Razlike pojedinih vrsta riba u sposobnosti varenja lipida slabo su istražene. Tako se kod iverka (*Scophthalmus maximus*) može primetiti smanjenje koeficijenta svarljivosti i usporenje stope rasta kad hrana sadrži više od 15% lipida. Suprotno tome, hrana koja sadrži više od 30% masti, daje odlične rezultate u ishrani pastrmke ili atlantskog lososa pokazujući time dobru svarljivost (Webster et al., 2002).



**Slika 2. Metabolizam masti**  
(Wiley Encyclopedia of Food Science and Technology, 1999)

## 2.4. Masne kiseline

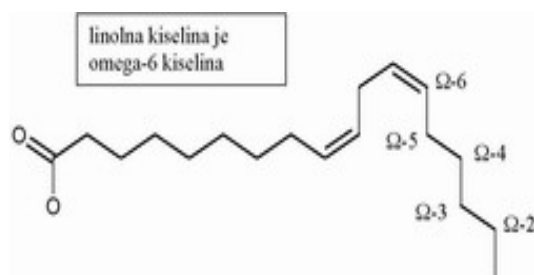
Masne kiseline su sastavni deo masti koje zajedno sa trovalentnim alkoholom glicerolom, čine triacilglicerole. Prema građi molekuli mogu da budu zasićene i nezasićene, što zavisi o tome poseduju li između ugljenikovih atoma u lancu jednostruke ili dvostruke veze.

Prema zasićenosti masne kiseline mogu da budu zasićene (SFA, eng. Saturated fatty acid) i nezasićene (UFA, eng. Unsaturated fatty acid). Nezasićene (UFA) mogu da budu mononezasićene (MUFA, eng. Monounsaturated fatty acid) i polinezasićene (PUFA, eng. Polyunsaturated fatty acid). U zasićene masne kiseline (SFA) spadaju: laurinska (C 12: 0), miristinska (C 14: 0), palmitinska (C 16: 0) i stearinska (C 18: 0). Mononezasićene (MUFA) su: palmitooleinska (C 16: 1), oleinska (C 18: 1), eikozenska (C 20: 1), eručna (C 22: 1) i neuronska (C 24: 1). Polinezasićene (PUFA) mogu da budu  $\omega$ -6 grupe i  $\omega$ -3 grupe. PUFA  $\omega$ -6 su linolna (C 18: 2 - LA), arahidonska (C 20: 4 - AA),  $\gamma$ -linolenska (C 18: 3 - GLA), dihomogama linolenska (C 18: 3 - DGLA), eikozadienska (C 20: 2), eikozatrienska (C 20: 3) i dokozapentaenska (C 22: 5 - DPA). PUFA  $\omega$ -3 su  $\alpha$ -linolenska (C 18: 3 - ALA), eikozapentaenska (C 20: 5 - EPA), dokozapentaenska (C 22: 5 - DPA), dokozahexaenska (C 22: 6 - DHA) (Steffens, 1985 ; Strier, 1991; Bogut, 1995; Guillaume i sur., 2001; Bogut i sur., 2010; čulina, 2011). Fizička svojstva masnih kiselina zavise o dužini, stepenu nezasićenosti i razgranatosti njihovog lanca. Kiseline sa kratkim lancem su tečnosti oštrog mirisa i rastvorljive su u vodi. Povećanjem dužine lanca raste im tačka topljenja, a rastvorljivost se u vodi smanjuje. Nezasićene masne kiseline (UFA) i one sa razgranatim lancem imaju niže tačke topljenja. Agregatno stanje masti određuje količina zasićenih ili nezasićenih masnih kiselina. Ukoliko prevladavaju zasićene masne kiseline, govorimo o mastima, a ako je više nezasićenih masnih kiselina, govorimo o uljima (Dowhan and Bogdanov, 2002; Berg et al., 2007).

Zasićene masne kiseline sadrže jednostruke veze između ugljenikovih atoma. Pojam "zasićen" odnosi se na vodonik, koji se u najvećem mogućem broju veže za ugljikove atome u lancu. Zasićene masne kiseline grade prave lance koji se mogu skupljati u pojedinim tkivima. Izrazito su hidrofobne zbog čega vežu veoma mali broj molekula vode, te stoga predstavljaju najbogatiji izvor energije. Masno tkivo riba i drugih životinja sadrže velike količine dugolančanih zasićenih masnih kiselina u adipocitima.

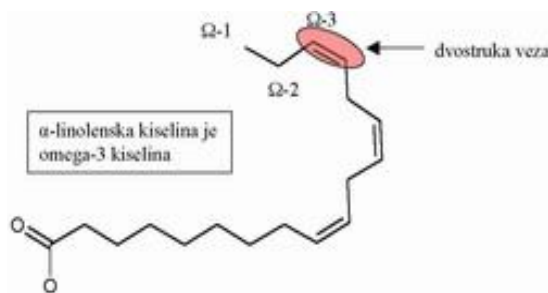
Nezasićene masne kiseline su sličnoga oblika, osim što postoji jedna ili više alkenskih grupa u lancu, gde svaki alken zamenjuje jednostruku ugljenikovu vezu dvostrukom vezom. Takve

dvostruke veze mogu formirati cis- ili trans- konfiguraciju. Cis-konfiguracija znači da su dva atoma ugljenika na istoj strani dvostruke veze. Krutost dvostruke veze zadržava svoje oblikovanje cis-oblik izomera uzrokuje presavijanje lanca i određuje tačno definisani oblik molekula masne kiseline. Što je više dvostrukih veza u cis-obliku, to je manja savitljivost lanca, pa se time ograničava sposobnost masnih kiselina da se nakupi u manjem prostoru. Takve su masne kiseline često ugrađene u lipidni dvosloj ćelijskih membrana. U prirodi se nezasićene masne kiseline javljaju samo u cis-obliku. Kod trans-oblika su dva susedna ugljenikova atoma povezana na suprotnim stranama dvostruke veze. Učinak toga je da ne oblikuju ispresavijan lanac, već je oblik lanca sličan ravnome, poput onoga u zasićenih masnih kiselina. Trans-oblik nastaje samo industrijskom preradom i hidriranjem biljnih ulja. Istraživanja pokazuju da trans-masne kiseline, u slučaju manjka esencijalnih masnih kiselina, zauzimaju njihovo mesto u tkivima i uzrokuju cirkulacione bolesti, kao što su ateroskleroza i bolesti srčanog mišića. Položaj dvostruke veze nezasićenih masnih kiselina bitan je za njihova svojstva (Slika 3., 4., 5.).



**Slika 3. Linolna masna kiselina (LA)**

([http://www.centarcedrus.hr/include/pdf/Omega\\_masne\\_kiseline.pdf](http://www.centarcedrus.hr/include/pdf/Omega_masne_kiseline.pdf), 2009.)



**Slika 4.  $\alpha$ -linolenska masna kiselina (ALA)**

([http://www.centarcedrus.hr/include/pdf/Omega\\_masne\\_kiseline.pdf](http://www.centarcedrus.hr/include/pdf/Omega_masne_kiseline.pdf), 2009.)



**Slika 5. Oleinska masna kiselina (OA)**

([http://www.centarcedrus.hr/include/pdf/Omega\\_masne\\_kiseline.pdf](http://www.centarcedrus.hr/include/pdf/Omega_masne_kiseline.pdf), 2009.)

Prvi ugljenikov atom svake masne kiseline je onaj karboksilne grupe - COOH, a posljednji veže 3 vodonik atoma (metil grupa, -CH<sub>3</sub>). Posljednji ugljenik se još označava i kao omega ( $\omega$ ), a obzirom na položaj dvostrukih veza u odnosu na ovaj posljednji ugljenikov atom, govorimo o  $\omega$ -3 ili (n-3),  $\omega$ -6 (n-6) ili  $\omega$ -9 (n-9) masnim kiselinama (Čulin, 2011).

Esencijalne masne kiseline (EFA) se u ljudskom organizmu ne mogu sintetizovati, pa se moraju unositi hranom. To su PUFA: linolna ( $\omega$ -6) i alfa linolenska ( $\omega$ -3). Nalaze se u biljkama, odnosno životinjskoj hrani, au organizmu čoveka imaju važne funkcije. EFA u ćelijskim membranama služe kao supstrat enzimima, ciklooksigenazi i lipooksigenazi. Iz njih nastaju mnoge važne, veoma aktivne, hormonima slične materije koje nazivamo eikozanoidima, a pomažu pravilnom radu ćelija i organa, upravljaju mnogim životnim funkcijama: krvnim pritiskom, zgrušavanjem krvi, nivoom lipida u krvi, imunološkim stanjem i upalnim odgovorom na infekcije. U mozgu se nalaze povećane količine izvedenica linolne i alfa linolenske masne kiseline. Poznata je i činjenica da je oko 50% suve materije mozga sastavljeno od masti od čega je 50% PUFA (Benatti et al., 2004; Bogut et al., 2010; Čulin, 2011).

## 2.5. Metabolizam masnih kiselina

Škrtić et al. (2007) navode da metabolizam biljaka omogućava ugradnju dodatne dvostruke veze u oleinsku kiselinu i tako oblikuje linolnu kiselinu sa dve dvostruke veze i alfa linolensku kiselinu sa tri dvostruke veze. Za razliku od biljaka, kičmenjaci ne mogu ugraditi dvostruku vezu prema metilnom kraju bliže od sedmog ugljikova atoma u lancu. Osim toga, nisu moguće metaboličke konverzije na metilnim krajevima molekula koje imaju  $\omega$ -3 i  $\omega$ -6 dvostruke veze. Zbog toga  $\omega$ -3 i  $\omega$ -6 masne kiseline jednom unešene hranom u organizam imaju potpuno različite metabolizame.

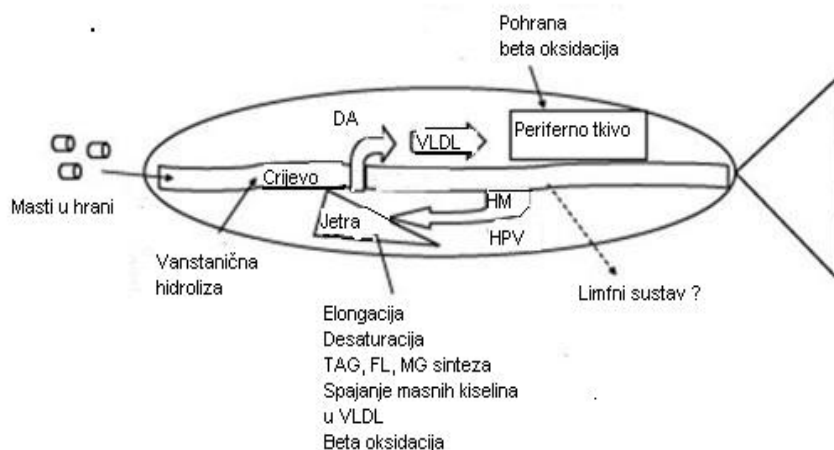
Hrana biljnog porekla sadrži esencijalne masne kiseline (linolnu i alfa linolensku masnu kiselinu). U ljudskom organizmu se nalaze prekursori sa 18 ugljenikovih atoma mogu produžiti i desaturirati u više nezasićene članove svojih grupa sa većim brojem dvostrukih veza, a to su AA i DHA. Jetra je prvobitno mesto razgradnje EFA (Hughes and Dhiman, 2002.).

Način biosinteze FA od C18 do C22 dobro je opisan za mnoge slatkovodne ribe (Bell et al., 1997; Buzzi et al., 1997; Tocher, 2003). Lipidi unešeni u probavni sistem razlažu se na sastavne komponente, potom se resorbuju u enterocite, gde se reesterificiraju i grupišu sa proteinima gradeći hilomikrone i prenose venom porte u jetru (Slika 6). U jetri se moduliraju elongacijom i desaturacijom te beta-oksidacijom ili dalje transportuju kao lipoproteini niske gustine (VLDL) dorzalni aortom u periferna tkiva radi skladištenja ili radi korišćenja za energetske potrebe ( $\beta$ -oksidacija) (Babin and Vernier, 1989; Roberts, 2002; Trattner, 2009).

Pohranjeni lipidi se razgrađuju beta oksidacijom pri čemu nastaje toplota ili se sintetizuje ATP. Toplota nastaje peroksisomalnom beta oksidacijom, dok se ATP sintetizuje mitohondrijskom beta oksidacijom. Da bi se mogla sprovesti beta oksidacija masna kiselina se mora aktivirati prevođenjem u acil-CoA derivat, koji se transformiše u acilkarnitin pomoću enzima karnitinske palmitoil-transferaze I (CPT1). U tom obliku može proći kroz spoljnu membranu mitohondrija. Pomoću karnitinske, odnosno acilkarnitinske translokaze acilkarnitin prolazi kroz unutrašnju membranu i nakon toga se pomoću karnitinske palmitoil-transferaze II (CPT2), ponovo prevodi u acil-CoA derivat na unutrašnjoj površini unutrašnje mitohondrijske membrane. Acil-CoA tada ulazi u proces beta oksidacije (Frøylandet al., 1998). Beta oksidacijom u peroksisomima se uglavnom oksidišu dugolančane masne kiseline koje tada mogu dalje biti oksidisani u mitohondrijama ili biti međukorak u sintezi DHA (Torstensen et al., 2001). Masne kiseline selektivno beta oksidišu, a u mitohondrijama kalifornijske pastrmke poželjniji je supstrat zasićene masne kiseline (KiesslingandKiessling, 1993). Glavni je produkt peroksisomalne beta oksidacije acetil-koenzima A u hepatocitima pacova acetat, dok oksaloacetat i malat potiču iz mitohondrijske beta oksidacije acetil-koenzima A (Leighton i sur., 1989). Beta oksidacija se najviše odvija u crvenim mišićima, zatim u jetri, a najslabija je u belim mišićima. Od navedenih tkiva, beli mišići imaju najveći udeo peroksisomalne beta oksidacije. Istraživanje na lososima je pokazalo da se ukupna beta oksidacija odvija u belim mišićima koji čine 60% telesne mase (Frøylandet al., 2000).

Još uvek je nejasno da li ribe imaju limfni sistem sličan onome kao kod sisara. Sheridan et al., (1985) i Tocher, (2003) sugerišu da se glavni lipoprotein iz hilomikrona transportuje u limfni sistem, ali i da se deo lipoproteina može direktno transportovati u jetru kroz portalnu venu. S

druge strane, Torstensen et al., (2001) pretpostavljaju da se lipidi većinom transportuju krvlju, s obzirom na to da nije potvrđena prisutnost limfnog sistema u riba. To je u skladu sa ispitivanjima Babin and Vernier, (1989) koji su našli visoki sadržaj lipoproteina u krvnoj plazmi ribe.



**Slika 6. Shematski prikaz kretanja lipida u ribi (Trattner, 2009)**

**Legenda:** TAG-triacilglicerol; FL-fosfolipidi; MG-monogliceridi; HM-hilomikroni; HPV-hepato portalna vena; VLDL-lipoproteini vrlo niske gustine; DA-dorzalna aorta

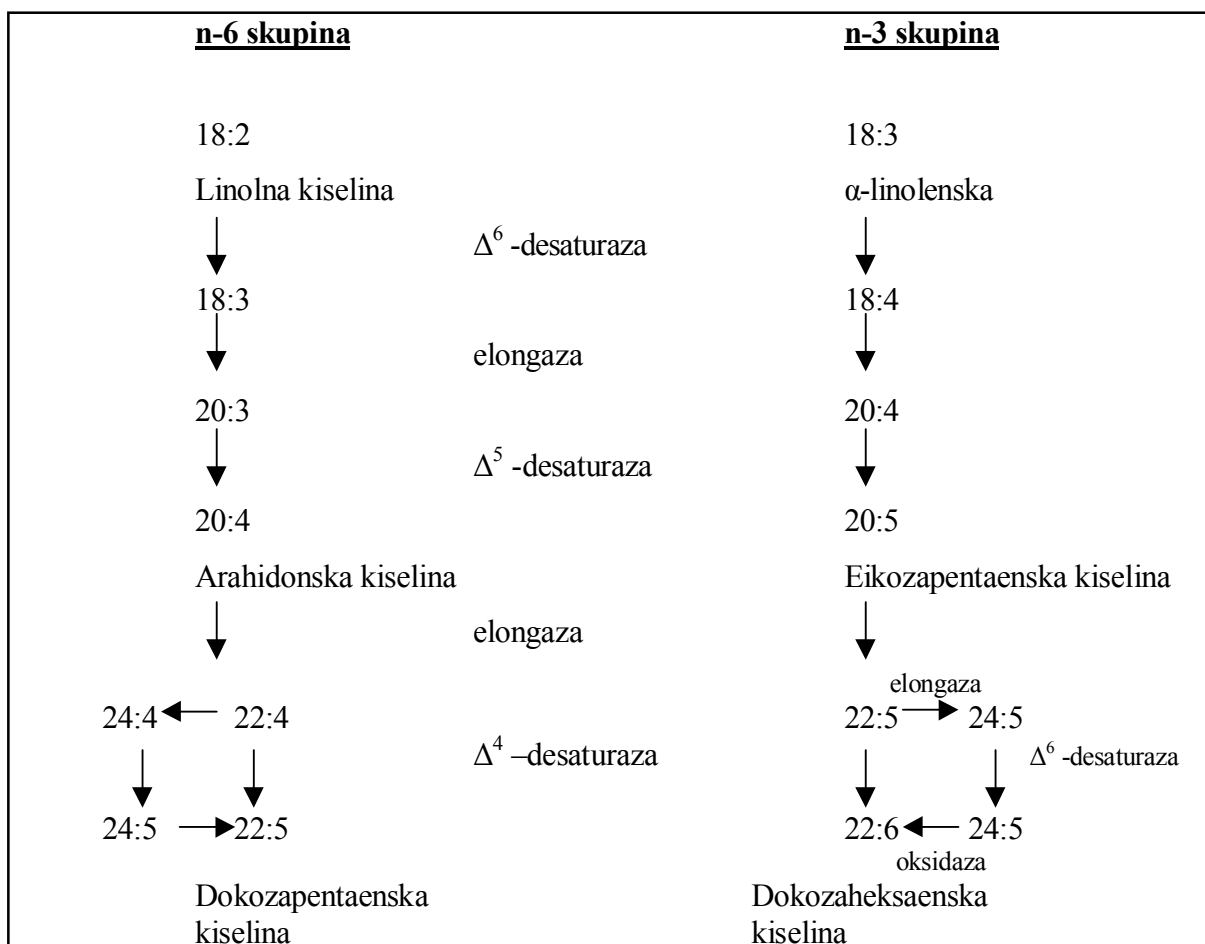
Početak razgradnje  $\omega$ -6 PUFA odvija se u endoplazmatskomu retikulumu, a čine je elongacija i desaturacijom katalizirane masnokiselinskom elongazom ( $\Delta$ 6 i  $\Delta$ 5-desaturaza). Enzim  $\Delta$ 6-desaturaza je ograničavajući faktor razgradnje  $\omega$ -6 i  $\omega$ -3 PUFA. Mehanizam završetka konverzije u DPA ( $\omega$ -6 PUFA) i DHA ( $\omega$ -3 PUFA) nije još sasvim razjašnjen. Misli se, da se završna reakcija odvija sa  $\Delta$ 4-desaturazom (Holman, 1998.), premda spomenuti enzim nije nikada dokazan (Sprecher et al., 1995.). Smatra se, da se završetak razgradnje  $\omega$ -6 PUFA odvija lančanom elongacijom i desaturacijom, nakon čega dolazi do  $\beta$ -oksidacije, tzv. "Sprecherova puta" (Sprecher et al., 1999; Škrtić et al., 2007).

Infante and Huszangh (1997; 1998) smatraju da je spoljna mitohondrijska membrana mesto sinteze DHA, dok se  $\omega$ -6 kiseline (DPA i AA) sintetišu u endoplazmatskomu retikulumu.

U nekim istraživanjima in vivo i in vitro na različitim životinjskim vrstama potvrđeno je da se ALA, LA i oleinska kiselina takmiče za tu  $\Delta$ 6-desaturazu u biosintezi.

Istraživanja na pacovima i drugim životinjama pokazala su da je ALA inhibitor razgradnje  $\omega$ -6 PUFA. Treba deset puta više ALA da bi se jednako inhibirala razgradnja  $\omega$ -3 PUFA (Čulin, 2011; prema Holman, 1998). Očigledno je, da je ograničavajući faktor u metabolizmu LA i

ALA enzim  $\Delta^6$ desaturaza (Slika 7). Budući da u savremenoj ishrani unosimo više  $\omega$ -6 kiselina, taj se enzim troši na LA i nastaje višak AA na štetu FA s protivupalnim delovanjem (EPA i DHA).



**Slika 7. Metabolizam linolne-LA (C18:2 $\omega$ -6) i  $\alpha$ -linolenske A (C18:3 $\omega$ 3) kiseline (Calvani and Benatti, 2003)**

## 2.6. Značaj PUFA za ljudsku ishranu

Glavni izvor omega-6 masnih kiselina su biljke. Najvažnija masna kiselina ove grupe je linolna. Izvori linolne kiseline u ljudskoj ishrani su suncokretovo, kukuruzno i sojino ulje



(Adam, 1989). Linolna masna kiselina se nalazi u gotovo svim jestivim semenkama, osim semena palme i kokosa.

U ishrani čoveka glavni izvor omega-3 masnih kiselina su biljna ulja i riba. Biljna ulja glavni su izvor linolenske masne kiseline, iako je prisutna i u hloroplastu zelenih lisnatih biljaka, kao što je npr. spanać te u semenkama repice, lana, oraha, noćurka itd. (Simopoulos, 1989). Nutricionisti ističu da repičino i laneno ulje imaju najbolji odnos masnih kiselina, najniži udeo zasićenih masnih kiselina (SFA, 7%), relativno visok udeo mononezasićenih kiselina (MUFA, 60%) i visok udeo PUFA (22% LN i 11% LNA). Ostali manje značajni izvori omega-3 masnih kiselina su različite semenke, voće, jaja i meso. Riba je glavni izvor eikozapentaenske kiseline (C20: 5 n-3, EPA) i dokozaheksaenske kiseline. U literaturi se EPA i DHA spominju još i pod nazivima timnodonska, odnosno cervonska kiselina (Simopoulos, 1986; 1989).

Prema istorijskim istraživanjima poznato je, kako je čovek evoluirao na hrani koja je bila siromašna zasićenim mastima i na podjednakom odnosu omega-3 i omega-6 masnih kiselina. Tokom poslednjih 10.000 godina sa razvojem poljoprivrede nastale su velike promene s obzirom na način ishrane ljudi, naročito za vreme proteklih 100-150 godina. Naglo se povećala potrošnja zasićenih masti poreklom od stoke hranjene žitaricama, a povećala se potrošnja trans-masnih kiselina poreklom iz hidrogeniranih biljnih ulja pa se značajno povećala potrošnja omega-6 masnih kiselina (za oko 30 g dnevno) zbog proizvodnje biljnih ulja (Leaf and Waber, 1987). Povećanje u potrošnji mesa dovelo je do povećanja unosa arahidonske kiseline za oko 0,2-1,0 mg po danu (Phinney et al., 1990). U razvijenim zemljama dnevno se troši svega 2,92 g LNA, odnosno 48 mg i 72 mg EPA i DHA. Smanjenje dnevnog unosa u organizam omega-3 masnih kiselina rezultiralo je povećanjem odnosa omega-6 / omega-3 masnih kiselina.

Potrošnja masnih kiselina omega-3 grupe mnogo je manja zbog smanjene konzumacije i ishrane stoke žitaricama koje obiluju omega-6 masnim kiselinama, čime se proizvodi meso bogato omega-6 i siromašno omega-3 masnim kiselinama. Slično se odnosi i na industrijsku proizvodnju riba i jaja živine (Van Vliet and Katan, 1990; Simopoulos and Salem, 1986). Čak i kultivisane biljke sadrže manje omega-3 masnih kiselina od samoniklih (divljih) biljaka (Simopoulos and Salem, 1986). Kod savremenih ljudi u razvijenim zemljama u obrocima je odnos omega-6 / omega-3 masnih kiselina 20-30 / 1 u odnosu na 1-4 / 1 koji je bio pre 10.000 godina (Calvani and Benatti, 2003). Na tabeli 1. prikazani su odnos omega-6 / omega-3 masnih kiselina kod različitih populacija.

U Evropi se procene za minimalnim potrebama za esencijalnim masnim kiselinama (EFA) kod čoveka uglavnom zasnivaju na "Report of the Panel on Dietary Reference Values of the Committee on Medical Aspects of Food Policy", u kojem se preporučuje dnevni unos LA i LNA u količinama od 1% i 0,2-0,5% od ukupnog unosa energije u organizam (FAO / VHO, 1998; COMA - British Nutrition Foundation, 1991). U SAD-u do danas nema službenih preporuka s obzirom na unos pojedinačnih masnih kiselina. Međutim, Etherton et al., (2000) preporučuju da bi ukupan unos PUFA trebao ostati na nivou od 7% energije, odnosno da ne bi trebao biti veći od 10% od ukupnog unosa energije. U Japanu, uprkos trenutno povoljnom odnosu omega-6 / omega-3 u ishrani čoveka (Tabela 1.) kod mlade generacije primećen je trend povećanja konzumacije omega-6 masnih kiselina (Sugano and Hirata, 2000), što upućuje na povećanje konzumacije tzv. "Fast food" hrane.

**Tabela 1. Odnosi omega-6/omega-3 masnih kiselina kod različitih populacija (Calvani and Benatti, 2003.)**

Populacija	n-6:n-3	Literaturni izvor
Paleolitik	0,79	Eaton i sur., (1998)
Grčka prije 1960.	1,00-2,00	Simopoulos, (1998)
Sadašnja Grčka	1,10-2,10	Simopoulos, (2001)
Japan	4,00	Sugano i Hirata, (2000)
Velika Britanija i sjeverna Europa	15,00	Sanders, (2000)
SAD	16,47	Simopoulos, (1998)

Nekoliko zemalja i zajednica država donelo je preporuke ne samo za apsolutnu količinu potrošnje PUFA, nego takođe i za balansirani unos omega-6 i omega-3 PUFA. Preporuke su prikazane na Tabeli 2.

Različite vrste proizvoda bogatih omega-3 masnim kiselinama prisutne su na tržištima u svetu. Calvani i Benatti (2003) istražili su uticaj omega-3 etil estera u odnosu na re-esterifikovane trigliceride omega-3 masnih kiselina. Preparati su uzeti oralno i testirani su na 24 zdrave osobe. Rezultati upućuju na veći nivo EPA, DHA i ukupnih omega-3 masnih kiselina u plazmi kod grupe koja je tretirana sa re-esterifikovanim omega-3 masnim kiselinama (Tabela 3.). Navedeno istraživanje upućuje na činjenicu da prilikom odabira preparata bogatog omega-3 važnu ulogu ima sastav i hemijska čistoća proizvoda.

**Tabela 2. Preporučene vrednosti potrošnje masti (u% od ukupnog unosa energije) u svetu (Sugano and Hirata, 2000)**

Zemlja ili organizacija	Ukupna mast	Ukupno PUFA	LA	LNA	EPA+DHA	n-6/n-3
-------------------------	-------------	-------------	----	-----	---------	---------

Severnoatlantska org. (1989)	20-28	6-7	4,8	1,0	0,27	4
Nordijske zemlje (1989)	<30	7	1-2	-	-	4-10
WHO (1990)	15-30	3-7, $\leq 10$	-	-	-	-
Kanada (1990)	30*	$\geq 3,5$	$\geq 3$	$\geq 0,5$	-	4-10
EU (1991)	33	6	$\geq 1$	$\geq 0,2$	-	-
FAO (1994)	15-35	-	4-10	-	-	5-10
Japan (1995)	20-25	7-8	-	-	-	4

\* unos SFA trebao bi iznositi  $\leq 10\%$  od ukupne energije

**Tabela 3. Koncentracija i iskoristivost različitih tipova PUFA (Calvani and Benatti, 2003)**

Tip ulja	% koncentracije omega-3	% iskoristivosti
Riblje ulje	25-30	74-100
Omega 3 PUFA etil esteri	do 85	21-57
Slobodne masne kiseline	do 65	51
Reesterifikovani trigliceridi	min 70-75	98

Klasični simptomi manjka esencijalnih masnih kiselina (dermatitis, zaostajanje u rastu i neplodnost) potpuno se mogu ukloniti unosom samo LA. Klasični simptomi nedostatka EFA u uskoj su vezi sa biološkim funkcijama omega-6 masnih kiselina (Lauritzen et al., 2001):

- LA je sastojak u ceramidima kože
- AA je prekursor eikozanida koji su lokalni hormoni. Učestvuju u brojnim fiziološkim kao i patofiziološkim stanjima (npr. regulacija bubrežnih elektrolita, implantacija blastocita, aktivacija stanica nosioca imuniteta, itd.)
- omega-6 masne kiseline imaju ulogu kao sekundarni prenosiooci u procesu signalne provodljivosti kroz ćelijske membrane

Biološke funkcije omega-3 masnih kiselina (Lauritzen et al., 2001) su:

- skladište energije i ugljenikovih atoma,
- EPA i DHA služe kao prekursori omega-3 eikozanida i nastaju u značajnim količinama samo u tkivima koja su bogata EPA i DHA poreklom iz hrane. Eikozanoidi poreklom od omega-3 masnih kiselina imaju veliki uticaj u anti-inflamatornim procesima,
- specifična uloga DHA u funkcijama membrana, osobito u bubrezima i nervnim tkivima. Nedostatak omega-3 masnih kiselina uzrokuje gubitak DHA iz mozga i bubrega te se zamenjuje sa C22: 5n-6. Ova naizgled minorna promena u fosfolipidnoj

strukturi membrane može uzrokovati gubitak memorije, smanjenu sposobnost učenja i oslabiti vid.

Konzumacijom omega-3 masnih kiselina smanjuje se mortalitet izazvan koronarnim srčanim bolestima. Već u malim količinama (jedan ili dva obroka plave ribe nedeljno) ima zaštitno delovanje u odnosu na obroke bez ribe (Kris-Etherton et al., 2002).

Trattner (2009) navodi da dugolančane n-3 masne kiseline imaju nekoliko načina delovanja na zdravlje. Riba je glavni izvor tih masnih kiselina. Osim količine n-3 masnih kiselina u ishrani, značajan uticaj na zdravlje ima i odnos n-6 / n-3 masnih kiselina. Razlog tome je, što su obe grupe masnih kiselina metabolički posebne i zbog toga, što je kapacitet sinteze dugolančanih derivata iz C-18 masnih kiselina zavisen od te razmere. Odnos n-6 / n-3 masnih kiselina je u modernoj zapadnjačkoj ishrani trenutno između 10 i 20, dok se smatra da je tokom evolucije bio između 1 i 4 (Simopoulos, 2002). Dugolančane n-3 masne kiseline DHA i EPA pronađene su iu drugim životinjama. Koncentracija je veća, a odnos n-6 / n-3 masnih kiselina manji ukoliko su životinje hranjene hranom bogatom n-3 masnim kiselinama.

Slično tome, meso divljači ima viši sadržaj n-3 masnih kiselina od mesa životinja gajenih na farmi. Tokom poslednjih 50 godina, udeo n-3 masnih kiselina je opao kod svih kopnenih životinja zbog intenzivne poljoprivrede sa povećanim količinama žitarica i shodno tome, povećanim količinama n-6 masnih kiselina u ishrani životinja. Konzumiranje ribe je skromno u poređenju sa konzumiranjem mesa kopnenih životinja. U Švedskoj je 2006. godine konzumirano otprilike pet puta više mesa nego ribe, a istraživanje na četverogodišnjacima pokazalo je, da 3% unesenih masnoća potiče od ribe, a 22% od mesa i jaja. Udeo n-3 masnih kiselina u životinjskim proizvodima zavisi o njihovoj ishrani. Pokazalo se da konzumiranje životinjskih proizvoda sa izbalansiranim odnosom n-6 / n-3 masnih kiselina (zbog uvođenja semenki lana u ishranu životinja) značajno smanjuje odnos n-6 / n-3 masnih kiselina u ljudskoj plazmi. Zbog toga će uravnotežen odnos n-6 / n-3 masnih kiselina u hrani koja se koristi za ishranu terestičkih životinja i riba imati dugoročno povoljan učinak na ljudsko zdravlje.

Trattner, (2009) prema Simopoulos, (1999, 2000, 2002), Connor, (2000), Price et al., (2000), Larsson et al., (2004), Ailhaud et al., (2006), Mozaffarian and Rimm, (2006), Kalder, (2006, 2008), Massaro et al., (2008), Sampels et al., (2009) navode da je dobro poznata činjenica da omega 3 masne kiseline, posebno eikozapentenske kiseline (EPA) i dokozaheksenske kiseline (DHA), poseduju niz blagotvornih efekata na ljudsko zdravlje. Ove kiseline smanjuju rizik od

mnogobrojnih bolesti kao što su bolesti srca i krvnog sistema, upalnih bolesti i poremećaja ponašanja (Tabela 4.).

**Tabela 4. Efekti omega 3 masnih kiselina na zdravlje ljudi**

Koristan efekt na	Količina	Referenca
Koronarne bolesti srca	250-500 mg/danu (EPA+DHA)	Mozaffarian i Rimm, (2006)
Trigliceridi u serumu	> 750 mg/dan (EPA+DHA)	Mozaffarian i Rimm, (2006)
Otkucaji srca	> 300 mg/dan (EPA + DHA)	Mozaffarian i sur., (2006)
Depresija	> 130 mg/dan (EPA + DHA)	Appleton i sur., (2008)
Hiperaktivnost, poremećaj pažnje	> 350 mg/dan (EPA+DHA)	Appleton i sur., (2008)

Ostali efekti uključuju smanjenu ukupnu smrtnost, pozitivne efekte na smetnje u ranom razvoju, efekte na upalne procese, kao i efekte na neke oblike raka. Omega 3 PUFA polinezasićene masne kiseline važne su za fluidnost ćelijskih membrana te za regulaciju ćelijskih signala. Poznato je, da unošenje omega 3 masnih kiselina ishranom, utiče na ekspresiju nekoliko gena kao što su: peroksizomni proliferatorom aktivirani receptori (engl. skraćenica PPARs) na belančevine koje vezuju regulatorni element sterola (engl. skraćenica SREBP). Omega 6 i omega 3 masne kiseline se metabolički i funkcionalno se razlikuju i poseduju mnogobrojne suprotne fiziološke efekte. Ravnoteža između omega 6 i omega 3 masnih kiselina u ishrani je važna radi homeostaze u organizmu i normalnog razvoja čoveka. U poslednje vreme istaknuto je kako EPA i DHA kiseline povećavaju proizvodnju protivupalnih bioaktivnih lipidnih modulirajućih resolvina.

Savetuje se unos od 0,65 g (DHA i EPA kiselina zajedno) kao pogodan unos za odrasle osobe. Preporučeni dnevni unos za trudnice i dojilje je veći. Omega 6 masne kiseline su neophodne, ali one su uopšteno prisutne u hrani. Nedavno sprovedena studija o svakodnevним prehrambenim proizvodima na bazi ribe, mesa i piletine pokazuje da se odnos omega 6 / omega 3 masne kiseline kreće od 6,5 do 43,2. Unos omega 6 masnih kiselina se povećava i smatra se da je on povezan sa globalnim povećanjem debljine, i upalnim aktivnostima. Za razliku od unosa omega 6 masnih kiselina, unos omega 3 masnih kiselina smanjuje se a znatan broj naučnih radova pokazuje da je to smanjenje povezano sa nekoliko zdravstvenih problema. Riba je tradicionalno bogata omega 3 masnim kiselinama. Ipak, ukoliko se hrana gajene ribe promeni dodavanjem biljnih ulja, važno je biti svestan činjenice da će se ovim postupkom promeniti i kvalitet lipidnog tkiva ribe povezanog s mišićnom masom. Postoji

jasna opasnost da će se smanjiti količina dugolančanih omega 3 masnih kiselina kod ribe kojeseu izvor pomenutih kiselina. Zbog toga, kako bi se zadržao preporučeni unos omega 3 masnih kiselina, potrebne su mere poboljšanja kvaliteta riblje hrane, dok se istovremeno stvaraju održive i unapređene tehnike za gajenje riba.

### **2.6.1. Značaj semenki lana i lanenog ulja u ishrani ljudi**

Lan (*Linum usitatissimum L.*) je jedna od najstarijih kultivisanih biljaka. Zreli plod ima izgled okruglastog tobolca s 8 do 10 smeđih ili zlatnožutih semenki. Samo potpuno zrelo seme je lekovito jer sadrži dovoljno količinu kvalitetnog ulja. Za proizvodnju i ekstrakciju ulja, lan se najviše kultiviše u Argentini i Egiptu (Pospišil, 2013). Prema istom autoru semenke lana sadrže 30 do 45% ulja, 20% proteina i 3 do 6% sluzi. U semenkama lana nalaze se fosfatidi (lecitin), biljni fitosteroli (sitosterol, dihidrositosterol, holosterol, kampesterol i stigmasterol) i različiti enzimi. Cijanogeni glikozid linustatin, takođe sastojak semenki lana se pod dejstvom enzima razgrađuje na cijanovodične kiselinu i aceton. U tom procesu ne dolazi do intoksikacija jer kiseli stomačni sok inaktivira enzim linazu (Kulier, 1990).

Hladno ceđeno ulje je retka tečnost, karakterističnog mirisa, svetlo do tamnožute boje. Sastoji se od polinezasićenih masnih kiselina, zbog čega lako oksidira. Zavisno o izvoru, ulje sadrži: 40-60% a-linolenske, 16-25% linolne, 14-16% oleinske i 10-15% palmitinske masne kiseline. Laneno ulje proizvedeno u umerenim klimatskim uslovima sadrži više nezasićenih masnih kiselina od ulja iz toplijih krajeva (Kulier, 1990). Od davnina je poznato da se laneno seme koristi kao laksativ. Unosom lanenog semena u probavni trakt creva se "navikavaju na tačnost", a pri tome se ne stvara navika niti oštećuje creva. U organizmu laneno seme nabubri čime povećava obim creva, raširi ga i pospešuje peristaltiku. Kao sredstvo za "čišćenje" upotrebljava se krupno mleveno laneno seme, koje se prethodno ne potapa u vodi jer mora da nabubri u crevima. Takođe je utvrđeno, da se čaj od lanenog semena koristi kao sredstvo za ispiranje prilikom upala u ustima, ždreću, desnima i protiv promuklosti i upale želudačne sluznice. Sluz koja nastaje bubrenjem lana potpuno prekriva iritiranu i nadraženu sluznicu creva pa se na taj način štiti od nadražujućih uticaja. Oblozi od lanene kaše ublažavaju bolove i omekšavaju potkožne čireve (Gursky, 1999).

Laneno ulje se koristi za spoljašnju primenu u obliku obloga kod ekcema, psorijaze i kožnih osipa. Kesica sa lanenim semenom je korišćena za ublažavanje bolova, na primer protiv zubobolje, išijasa, reume, neuralgija lica, bolova u stomaku i dr. U aromaterapiji laneno ulje se koristi kao baza za razređivanje eteričnih ulja. Primenuje se kod raznih iritacija kože, nege masne kože i akni jer pomaže u regeneraciji ćelija. Deluje blago protivupalno, a ublažava i bolove u mišićima i zglobovima (Kelley, 2001).

Sears, (2013) iznosi da laneno ulje, semenke lana i omega-3 masne kiseline koje oni sadrže, pozitivno utiču na zdravlje dece i odraslih. Tako lan pomaže zdravlju srca i krvnog sistema. Izuzetno visok nivo omega-3 masnih kiselina smanjuje nivo lošeg holesterola. Nadalje, utvrđeno je da lan pomaže zdravlju debelog creva jer ima antikancerogena svojstva, a kao prirodni lubrikant i bogat izvor vlakana, smanjuje mogućnost opstipacije creva. Takođe je utvrđeno, da se konzumiranjem lana osnažuje imunitet organizma. Istraživanja ukazuju da su upale respiratornog sistema znatno ređe i manje ozbiljne kod dece školskog uzrasta koja uzimaju manje od kašičice lanenog ulja dnevno, nego kod dece koja ga uopšte ne uzimaju. Laneno ulje i semenke lana sadrže masnoće koje su temelj za izgradnju mozga. To je posebno važno u periodu kada dečji mozak najbrže raste znači, pre rođenja i u ranom detinjstvu. Stoga se majkama tokom trudnoće i za vreme dojenja preporučuje dnevna konzumacija manjih količina semenki lana ili lanenog ulja. Osim pozitivnog delovanja na centralni nervni sistem smatra se, da laneno ulje pomaže zdravlju kože i stabilizuje nivo šećera u krvi i smanjuje tegobe dijabetesa (Sears, 2013).

Supstance bogate esencijalnim masnim kiselinama kao što je lan, ubrzavaju metabolizam potpomažući potrošnju suvišnih masnoća u telu. Ukoliko se u organizam unose dobre masnoće smatra se, da će organizam skladištiti onoliko masnoća koliko mu je potrebno. Navedena pojava naziva se termogenezom. U suštini, to je proces kojim se posebne masne ćelije (tzv. smeđe) prebacuju u "brži rad" i sagorevanje ako ih aktiviraju esencijalne masne kiseline, posebno gama linolenska kiselina. Bez esencijalnih masnih kiselina ne može da dođe do sinteze prostaglandina. Životna važnost prostaglandina dolazi od njihove vrlo velike aktivnosti, različitosti njihovih metaboličkih aktivnosti i široke rasprostranjenosti u telu. Ove hemijski aktivne materije deluju na srčano-vaskularni sistem, a nalaze se u prostati, menstrualnoj tečnosti, mozgu, plućima, bubrezima, thimusu, semenoj tečnosti i gušterači. Ima više od 12 krajnje važnih prostaglandina i svi nastaju od esencijalnih masnih kiselina. Bez esencijalnih masnih kiselina organizam ne može proizvoditi prostaglandine koji su mu nužno

potrebni za zdravlje. Ukoliko znamo koju važnu ulogu imaju esencijalne masne kiseline u proizvodnji prostaglandina, onda je lako razumeti zašto je laneno ulje toliko važno.

Zasićene masnoće nepovoljno deluju na svaki deo tela, uključujući mozak, jetru, bubrege i nervni sistem dok je verovatno, srce najteže pogođeno kad se pojavi poremećaj u metabolizmu masti. Prilikom konzumiranja hrane u kojoj dominiraju zasićene masne kiseline, one se dalje prenose krvlju i limfom i talože duž vitalnih arterija uzrokujući nastanak aterosklerotičnih naslaga.

## **2.7. Uticaj ishrane na količinu masti i udeo masnih kiselina u mesu šarana**

Značaj masnih kiselina u ishrani životinja prvi su otkrili i opisali G. Burr i M. Burr, (1929, 1930). Istraživanja su sprovedena na pacovima koji su dobijali hranu bez masti. Nakon kratkog vremena uočena su nekrotična oštećenja repova, slab razvoj epitelnog tkiva, neredovna reprodukcija i laktacija, zaostajanje rasta i visoka smrtnost. Navedeni poremećaji su otklonjeni onda, kada su pacovi u hrani dobijali čistu LA. AA i LA bile su delimično efikasne u otklanjanju navedenih simptoma, dok SFA dodavane u hranu, nisu imale nikakvog uticaja. Nedostatak LA u hrani slično se manifestovao i kod živine, uz pojavu potkožnog krvarenja, edema i slabe operjalosti (Church et al., 1976; Ivanković, 2002; Bogut et al., 2010; Galović, 2009).

Početakom 60-ih godina kada su salmonidne ribe počele masovno da se gaje u intenzivnim uslovima, primećeno je da ne mogu da "de novo" u svom organizmu sintetišu neke PUFA već ih moraju uzimati hranom.

Higashi et al., (1966), Sinnhuber, (1968), Castell et al., (1972), kao i Watanabe et al., (1974; 1974a) su nakon niza oglada ustanovili da ALA za kalifornijske pastrmke ima isto značenje kao LA za sisare. Nedostatak ALA u hrani kojom su hranjene kalifornijske pastrmke, izazvao je masnu degeneraciju jetre, miokarditis, smanjen nivo hemoglobina u eritrocitima, izobličenje eritrocita, promenu propusnosti ćelijskih membrana, ubrzano disanje, slabo iskorišćavanje hrane (osobito belančevina), smanjenu pigmentaciju, zaostajanje u rastu, usporen rast peraja, visoku koncentraciju eikozatrienske kiseline u mesu i sklonost prema stresu. Znaci bolesti pojavljuju se 3-4 nedelje nakon izostavljanja ALA u hrani (Castell et al., 1972; 1972a i Watanabe et al., 1974; Bogut, 1995).



Watanabe et al., (1975) navode da šaran ima povećanu potrebu za  $\omega$ -3 PUFA, ali da je manje osjetljiv na nedostatak od riba iz grupe Salmonidae. Utvrđeno je da 0,5% PUFA (EPA i DHA) u hrani, ima efikasnije delovanje nego 1% ALA.

Ogledima koje su proveli Csengeri et al., (1977; 1978; 1979), Farkas et al., (1977) te Takeuchi i Watanabe, (1977) pokazano je da šaran postiže najbolji prirast i iskorišćavanje hrane kombinacijom 1% LA i ALA u hrani. Navedena kombinacija FA u hrani može se jednako uspešno zameniti sa 0,5-1%  $\omega$ -3 PUFA (EPA i DHA).

Prevelika količina EFA u hrani šarana, ima za posledicu njihovu razgradnju i delimičnu transformaciju u oleinsku masnu kiselinu. Sniženje EFA ispod potreba dovodi do usporavanja rasta i povećanja eikozatrienske kiseline u telu šarana i soma (Csengeri, 1993; Bogut, 1995). Csengeri, (1996) i Steffens et al., (2007) su ustanovili da je količina ukupnih masti i sastav PUFA u mesu šarana direktno zavisano o ishrani. Autori navode da kod riba koje se hrane fitoplanktonskim organizmima u telesnim mastima dominira ALA, dok u telesnoj masti omnivornih riba (hrane se zooplanktonom i fitoplanktonom) prevladavaju EPA i DHA.

Farkas et al., (1976) su ustanovili da osim hrane kojom se ribe hrane na sastav telesnih masnih kiselina signifikantno utiče temperatura vode koja ih okružuje. Cai and Curtis (1989) su utvrdili da se pri niskim temperaturama vode u mastima šarana povećava sadržaj masnih kiselina sa dugim lancem, a odnos  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 PUFA se smanjuje. Geri et al. (1995) navode da je odnos  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 PUFA pri povišenim temperaturama vode (iznad 28 °C) oko 1,52, a pri normalnoj temperaturi vode (20 do 24 °C) taj odnos je znatno niži i iznosi 0,47.

Na osnovu istraživanja koja su sproveli Csenegri et al., (1978), Runge et al., (1987), Schwarz et al., (1993) našlo se, da je sadržaj ukupnih PUFA u mesu šarana varirao zavisno o načinu ishrane od 11,6% do 34,5%, dok Geri et al., (1995) te Bieniarz et al., (2001) uz hranu i ishranu navode i ambijentalne uslove, prvenstveno temperaturu vode. Takođe je pokazano da šaran iz otvorenih voda (reke i jezera) sadrži u mastima više ALA, EPA i DHA u poređenju sa šaranom koji je uzgajan u ribnjacima i hranjen krmnim smešama bogatim ugljenim hidratima. U mastima tako hranjenog šarana prevladavala je oleinska masna kiselina.

Hadjinikolova, (2004) je istraživala uticaj biljnih i životinjskih masti u ishrani konzumnog šarana. Tokom eksperimenta praćen je prirast, apsorpcija belančevina i sadržaj FA u telesnim mastima. Autori su zaključili da navedeni pokazatelji direktno zavise o krmnoj smesi kojom je šaran hranjen. Hrana omašćena suncokretovim, sojinim i bakalarovim uljem, uticala je na sastav telesnih masnih kiselina. Sastav FA menjao se u smeru oleinske, LA i palmitinske

kiseline ili oleinske, palmitinske i LA, zavisno o tome koja je FA prevladavala u peletiranoj krmnoj smesi.

Abbass, (2006) je istraživao uticaj peletiranih krmnih smjesa obogaćenih uljima, na rast i hemijski sastav mesa šarana. Najbolji prirast i smanjenje sadržaja telesnih masti utvrđeno je u šarana hranjenih krmnom smesom kojoj je dodato 6% kukuruznog i ribljeg ulja u razmeri 1:1. Lošiji prirast, viši hranidbeni koeficijent i povećanje telesne masti utvrđeno je kad su navedena ulja dodavana u hranu pojedinačno. Takođe je utvrđeno, da povećanjem masti u hrani smanjuje sadržaj telesnih belančevina i vode, a sadržaj masti povećava u zavisnosti od vrste ulja.

Istraživane su pogodnosti planktonskoga račića (*Daphnia magna*) za hranu šaranu. Sadržaj belančevina bio je 39,24% na suvu materiju, dok je sadržaj masti bio 4,98%. Udeo ukupnih SFA bio je 18,7%, nezasićenih 66,2%, od čega je udeo  $\omega$ -3 PUFA bio 27,3%. Odnos  $\omega$ -3 /  $\omega$ -6 u potpunosti je odgovarao hranidbenoj potrebi šarana (Bogut et al., 2007a; 2010). Bogut et al., (2007a) su takođe istraživali pogodnosti ličinaka *Chironomus plumosus* za ishranu riba. Sadržaj sirovih belančevina u suvoj materiji bio je 55,7%, što odgovara potrebama svih vrsta i kategorija slatkovodnih riba. Prosečni udeo masti bio je 9,7%, što u energetskom pogledu odgovara većini toplovodnih riba. Udeo SFA (izražen u% od ukupnih masti) bio je 26,12%, a MUFA 30,42%. Od PUFA, udeo  $\omega$ -6 kiselina bio je 18,81%, a  $\omega$ -3 kiselina 15,22% (ALA 7,21%, EPA 4,36% i DHA 2,49%). Odnos  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 (koje su za omnivorne ribe esencijalne) potpuno odgovara hranidbenim potrebama šarana i linjaka. Hrastnik i sur., (2004) su zaključili da na količinu masti u mesu šarana direktno utiče hrana kojom riba hrani. Šaran uzgajan u poluintenzivnom sistemu, hranjen kukuruzom imao je znatno viši nivo telesnih masti u poređenju sa šaranom koji je hranjen peletiranom krmnom smesom s uravnoteženom nivoom hranjivih materija.

Druzian i sur., (2007) su uporedili sadržaj hranljivih materija (belančevine, masti, pepeo i vodu) u mesu šarana uzgajanog u ekstenzivnom sistemu gajenja (gde je razvoj prirodne hrane stimulisan tekućim svinjskim đubrivom) sa sadržajem hranljivih materija u mesu šarana koji je hranjen krmnim smešama. Sadržaj vode u mesu šarana uzgajanog u ekstenzivnom sistemu gajenja iznosio je 83,33% i bio je za 13,23% viši u poređenju sa količinom vode u mesu šarana hranjenog krmnim smešama. Sadržaj belančevina u mesu šarana uzgajanog u ekstenzivnom sistemu gajenja iznosio je 14,48%, što je za 2,5% manje, nego u mesu šarana hranjenog odgovarajućim krmnim smešama. Signifikantno viši udeo masti (9,88%) utvrđen je

u mesu šarana hranjenog krmnom smesom u poređenju sa udelom masti (1,69%) u mesu šarana koji je uzimao prirodnu hranu. Međutim, autori navode da uprkos velikoj razlici u pogledu ukupnih masti nije bilo razlike u sastavu PUFA.

Trbović i sur., (2009) navode strukturu proizvodnje, sistem izgoj i komparativne prednosti gajenja toplovodnih riba u Republici Srbiji. Naglasak istraživanja je fokusiran na ishranu i kompoziciju masnih kiselina te odnos omega-6 i omega-3 polinezasićenih masnih kiselina u mesu šarana. Autori su ustanovili da se odgovarajućom ishranom šarana, može uticati na kompoziciju i odnos masnih kiselina u mastima ribnjačkog šarana. Na osnovu sprovedenih analiza mesa, dokazana je signifikantna korelacija između hrane kojom je šaran hranjen i kompozicije masnih kiselina u mesu. Isto tako, analizom je ustanovljen povoljan odnos omega-6 i omega-3 masnih kiselina koji je značajno za ishranu ljudi. Međutim, autori ne navode izvor masnoća koji je dodavan u peletirane krmne smeše. Slični rezultati utvrđeni su i u istraživanjima Spirić i sur., (2009) u mesu dužičastih pastva.

Iscrpnu i sveobuhvatnu analizu hemijskog sastava mesa u pogledu vlage, masti, proteina, pepela i holesterola u jednogodišnjeg, dvogodišnjeg i trogodišnjeg šarana, dvogodišnjeg tolstolobika i amura te dvogodišnjeg soma i smuđa koji su uzgajani u različitim sistemima gajenja, istražili su Ćirković i sur., (2011). Na osnovu sprovedenih istraživanja autori su utvrdili, da je najviši sadržaj vlage bio u mesu soma (78,69%), a najniži u mesu šarana (75,02%). Za razliku od vlage, najniži procenat proteina od 14,68% izmeren je u mesu amura. Viši sadržaj proteina analiziran je u mesu šarana, a iznosio je 15,59%. Statistički značajno više vrednosti proteina utvrđene su u mesu soma (17,27%) i belog tolstolobika (18,02%) u poređenju sa vrednostima proteina u mesu šarana i amura. Od svih analiziranih riba, najveća vrednost proteina utvrđena je u mesu smuđa i iznosila je visokih 19,21%. Sadržaj sirovih masti u mesu analiziranih riba kretale su se od 1,74% u smuđa do 6,85% u mesu trogodišnjeg šarana. Poređenjem količine masti u mesu pojedinih vrsta i kategorija riba autori su zaključili, da sadržaj masti u mesu zavisi o načinu ishrane i starosnoj dobi. Statističkom analizom mesa navedenih vrsta riba, autori su ustanovili signifikantno niže vrednosti proteina u starijih riba u poređenju sa mlađim. Obrnuto proporcionalne vrednosti utvrđene su u pogledu sadržaja masti. Najpovoljniji odnos omega-3 i omega-6 masnih kiselina ustanovljen je kod dvogodišnjih šarana koji su hranjeni peletiranom hranom. Znatno lošiji odnos omega-3 i omega-6 masnih kiselina utvrđen je kod dvogodišnjih šarana koji su hranjeni kukuruzom. Povoljniji odnos omega-3 i omega-6 masnih kiselina utvrđen je kod mlađih nego kod starijih kategorija riba.

Sprovedena istraživanja upućuju na zaključak da hemijski sastav mesa kod toplovodnih riba koje se uzgajaju u ribnjacima zavise od starosti, a najviše o načinu ishrane.

## **2.8. Količina masti i kompozicija masnih kiselina u mesu riba**

Prema dostupnim literaturnim podacima malo je istraživanja koja se odnose na udeo masti i masnih kiselina u mesu konzumnog šarana zavisno o sistemu gajenja. Takođe do sad nisu sprovedena sistemska istraživanja o sadržaju masti i masnih kiselina u mesu šarana tokom godišnjih doba, kao ni sadržaj masti i masnih kiselina u pojedinim delovima trupa (Bogut et al., 2010; Čulin, 2011).

Poznato je da šaran spada u poikilotermne životinje i da mu telesna temperatura direktno zavisi od temperature vode u kojoj živi. Dakle, telesna temperatura riba zavisi od okoline pa stoga one ne trebaju dodatnu energiju za zagrevanje tela. Navedena konstatacija ima veliku prednost u uzgoju riba. Jedna od značajnih razlika između riba i homeotermnih životinja je, da ribe za sintezu telesnih belančevina trebaju neuporedivo manje energije. To se tumači time, da ribe nemaju potrebu za održavanjem stalne telesne temperature. Ribe troše manje energije u stanju mirovanja i kretanja u vodi, nego toplokrvne životinje na kopnu. One su manje zahtevne za energijom i stoga, što većinu azotnih jedinjenja izlučuju iz organizma u obliku amonijaka umesto uree. Pri tom se procesu troši manje energije na katabolizam aminokiselina i izlučivanja azotnih jedinjenja iz tela (Bogut et al., 2013).

Rasoarahona et al., (2004) su istraživali ukupnu količinu masti i udeo FA u mišićnoj masti šarana uzgajanog u gorskim jezerima tokom hladnog i toplog godišnjeg doba. Udeo masti menjao se od 0,91% tokom toplog godišnjeg doba do 1,73% na kraju zimskog perioda. Od SFA u mišićnim mastima istraživanih šarana dominirala je palmitinska, a udeli su bili zavisno o godišnjem dobu (od 13,1% do 16,1%). U sastavu MUFA, s najvišim udelom zastupljena je oleinska, a vrednosti su joj se menjale od 17% (leto) do 21% (zima). Od  $\omega$ -6 PUFA najveći je bio udeo AA s 2,9% do 5,9%. Udeo  $\omega$ -3 PUFA kretao se zavisno o godišnjem dobu. Udeo EPA bio je od 1,9% na 3,4%, DHA od 2,9% do 6,7% i DPA od 1,9% na 4,3%.

Nakon provedenih istraživanja dokazano je da je najviši udeo ukupnih masti zabeležen na kraju hladnog godišnjeg doba tj. pri niskim temperaturama vode, dok se najveći udeo EFA našao u toplom godišnjem dobu. Navedeni rezultati, posebno za  $\omega$ -3 i  $\omega$ -6 PUFA očekivani su s obzirom na način ishrane prirodnom hranom.

Sadržaj ukupnih masti, sastav FA i količinu holesterola u mišićnoj masti nekih linija šarana tokom 3 godišnjih doba ispitali su Bieniarz et al., (2001). Nakon višekratnih ponavljanja našli su, da Strazovski linija šarana nije pogodna za ljudsku ishranu zbog visokog sadržaja

masti i holesterola. Za razliku od navedene linije, mađarska linija šarana (Hungarian line) ima najpovoljniji odnos SFA i PUFA te nizak nivo holesterola. Osim toga, u mišićnoj masti mađarske linije šarana utvrđen je najmanji udeo MUFA.

Holesterol je proizvod animalnog metabolizma pa se zbog toga nalazi u namirnicama životinjskog porekla pa tako i ribe. U normalnoj ishrani ljudi, u organizam se dnevno unosi oko 0,3 g holesterola, dok organizam sam dnevno sintetiše oko 1,0 g holesterola. U jetri nastaje gotovo sav endogeni holesterol koji cirkuliše sa lipoproteinima plazme. Uz jetru, mala količina holesterola se sintetizuje iu svim ostalim telesnim ćelijama. Iz organizma se uklanja pretvaranjem u žučnu kiselinu ili pretvaranjem u neutralne sterole koji se iz organizma izlučuju fecesom. Na povećanu količinu holesterola u plazmi uveliko utiče unos hrane bogate SFA. Unešena mast se odlaže u ćelijama jetre gde razradnjom ( $\beta$ -oksidacija) nastaje acetylCoA koji je izlazni rezultat u sintezi holesterola. U svrhu smanjenja koncentracije holesterola u plazmi jednako je važno unositi hranu s malo holesterola, kao i hranu sa malo SFA (Bogut et al., 2010).

Hrana s visokim nivoom nezasićenih masnih kiselina (riblje meso) rezultira umerenim smanjenjem holesterola u plazmi. Holesterol se uglavnom razgrađuje u jetri gde se oko 80% holesterola oksidira u žučne kiseline (kolna kiselina). Deo ovih kiselina iz žuči dospeva u žučnu kesu gde se može oblikovati žučni kamen, dok se jedan deo holesterola izlučuje kroz sluznicu creva. Kolna kiselina zajedno sa drugim materijama izgrađuje žučne soli koje utiču na varenje i apsorpciju masti. Holesterol služi za izgradnju membrana u kojima se reguliše njihova fluidnost, odnosno aktivnost. Iz holesterola se takođe sintetišu steroidni hormoni. U kori nadbubrežne žlezde nastaju adrenokortikoidi: glukokortikoidni regulišu metabolizam ugljenih hidrata, a mineralokortikoidi reapsorpciju minerala iz primarne mokraće u bubrezima. Seksualni hormoni nastaju u polnim organima žena (estrogeni u jajnicima) i muškaraca (androgeni u testisima).

Ugoala et al., (2008.) su istraživali sadržaj masnih kiselina u mišićnoj masti morskih i slatkovodnih riba. Težište istraživanja bile su EFA. U morskim i slatkovodnim ribama od  $\omega$ -6 i  $\omega$ -3 PUFA s visokim udelom bile su zastupljene LA i ALA. U mišićnoj masti morskih riba prevladavala je ALA, au mastima slatkovodnih riba dominirala je LA. Od SFA u mišićnoj masti obe kategorije riba prevladavala je palmitinska, a MUFA oleinska masna kiselina.

Guler et al., (2007) su istraživali sezonske razlike sastava FA u mišićnoj masti tokom različitih godišnjih doba na uzorcima šarana iz Beysehir jezera u Turskoj. Dokazano je, da se udeo SFA, MUFA i PUFA menjao tokom godišnjih doba. Od SFA najzastupljenija je bila palmitinska kiselina koja se tokom godišnjih doba menjala od 14,6% do 16,6%. U sastavu

MUFA dominirala je oleinska kiselina čije su se udeli kretali sa 15,1% na 20,3%. U sastavu PUFA s najvećim udelom su bile zastupljene LA, DHA i AA. Udeli DHA menjali su se od 4,32% do 11,0%, ALA od 3,64% do 10,5%, AA od 4,38% do 6,99% i EPA od 4,1% na 5,69%. Udeo ukupnih PUFA je bio najniži u jesen (35,9%) a najviši u leto (42,8%). Odnos  $\omega$ -3 /  $\omega$ -6 PUFA bio je dosta ujednačen tokom godišnjih doba. Tako je zimi, u proleće i leto iznosio 1 dok je u jesen bio upola niži (0,5). Na osnovu sprovedenih istraživanja našlo se, da se sastav FA menjao tokom godišnjih doba, prvenstveno u zavisnosti o ishrani i temperaturi vode u jezeru.

Bulut, (2002) je od maja do jula istraživao sadržaj FA i holesterola u mišićnoj masti ekstenzivno uzgajanog šarana. Tokom istraživanja praćen je kvalitativni i kvantitativni sastav fitoplanktonskih i zooplanktonskih zajednica. Sastav FA u mesu šarana menjao se zavisno o polu ribe, sezoni i sadržaju i kvalitetu prirodne hrane. Udeo ukupnih SFA u mišićnoj masti šarana kretao se od 26,71% do 35,67%, MUFA od 35,68% do 44,42%, a PUFA od 7,24% do 31,71%. U julu je udeo PUFA i holesterola bio manji u poređenju sa ostalim mesecima. Udeo PUFA u mišićnoj masti šarana koji je živeo u vodi sa više zooplanktona i fitoplanktona bila je manja. Autor navedenu pojavu objašnjava tako, da udeo PUFA ne zavisi samo od hrani kojom se riba hrani, nego i od metabolizma i prirodnih faktora.

Kalyoncu et al., (2010) su istraživali sastav FA u mišićnim mastima šarana iz jezera Ivritz Dam u Turskoj, tokom svih godišnjih doba. Udeo ukupnih SFA bio je najniži u leto (26,8%), a najviši u jesen (29,14%). Palmitinska kiselina bila je najzastupljenija SFA sa ujednačenim udelima tokom svih godišnjih doba (18,09% - 19,07%). Od MUFA dominirala je oleinska kiselina, a udeli su bili od 22,55% (jesen) do 29,28% (leto). Od  $\omega$ -6 PUFA najzastupljenije su bile LA i AA. Udeo LA bio je najniži u jesen (3,89%), a najviši u proleće (7,06%), dok je udeo AA bio najviši u jesen (6,15%), a najniži u leto (2,64%). Među  $\omega$ -3 PUFA najveći udeo je zabeležen za EPA u jesen (6,38%), a najniži u leto (5,86%). Udeo DHA bio je najveći u jesen (5,58%), a najniži u leto (3,08%). Udeo ukupnih PUFA bio je najniži u leto (25,0%), dok je najviši bio u jesen (32,28%). Odnos  $\omega$ -3 /  $\omega$ -6 PUFA menjao se tokom godišnjih doba pa je najveći bio u jesen (1,64), a najniži u proleće (1,08).

Udeo FA i ukupnih masti u letnjem i zimskom periodu istraživali su Ohno et al., (2000) u dorzalni i ventralnom delu trupa konzumnog šarana. Na osnovu sprovedenih istraživanja utvrđeno je, da se trigliceridi nisu bitnije menjali tokom godine, dok su fosfolipidi u zimskom uzgojnom periodu bili značajnije zastupljeni u poređenju sa letnjim. Istim istraživanjima je utvrđeno, da je od PUFA u trigliceridima i fosfolipidima dominirala DHA. Udeli navedene

kiseline nisu se menjale tokom godišnjih doba. Takođe nisu utvrđene sezonske promene ukupnih SFA, MUFA i PUFA.

Fayomova i sur., (2003) su istraživali uticaj pola, starosti i termičke obrade mesa šarana na hemijski sastav mesa i sastav FA. Analizirano je meso trogodišnjih mužjaka i ženki koji su uzgajani u Ribnjačka uslovima. Pored prirodne hrane, šaran je hranjen pšenicom. Analizom je ustanovljeno da na kraju tova nije bilo razlika u pogledu hranljivih materija (belančevina, masti, mineralnih materija i vode) i sadržaja FA između mužjaka i ženki. Osim toga, našlo se da se količina suve materije i masti u mesu šarana linearno povećavala, a količina belančevina smanjivala s vremenom gajenja. Udeo SFA na kraju uzgojnog perioda iznosio je 28,69% pri čemu je dominirala palmitinska kiselina sa 21,44%. Udeo MUFA iznosio je 58,97% a prevladavala je oleinska kiselina sa 45,97%, dok je udeo PUFA bio 12,33%. Udeo ukupnih  $\omega$ -3 PUFA bio je 4,12%, pri čemu su udeli pojedinih FA bili: ALA 1,36%, DHA 1,07%, EPA 1,05% i DPA 0,36%. Udeo ukupnih  $\omega$ -6 PUFA iznosio je 8,21%, a od toga LA 6,91%, AA 0,97%, te GLA 0,24%. Odnos  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 PUFA bio je vrlo povoljan i iznosio je 0,5. Udeo SFA nije se povećavao sa povećanjem telesne mase šarana. Za razliku od SFA, udeo MUFA značajno se povećavao porastom mase ribe, dok se udeo PUFA smanjivao sa povećanjem telesne mase šarana. Povećanje udela MUFA može se objasniti činjenicom, da riba bržim rastom zadovoljava potrebe za hranljivim materijama iz pšenice i time akumulira u mastima više oleinske masne kiseline. Henderson (1996) objašnjava da se desaturacijom SFA sintetiziranih iz skrobne hrane s niskim sadržajem LA i ALA povećava udeo MUFA, a smanjuje udeo PUFA. Takođe je zabeleženo, da se povećanjem mase ribe znatno smanjuje odnos  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 PUFA. Navedenim istraživanjem utvrđeno je, da se termičkom obradom ribljeg mesa ne smanjuje količina belančevina i sastav FA.

Sadržaj hranljivih materija i sastav FA analiziran je u mesu šarana koji je uzgajan u intenzivnom uzgojnom sistemu (kavezi), poluintenzivnom (ribnjačkom) sistemu gajenja i mesu šarana iz otvorenih voda (dunavski šaran) (Bogut et al., 2007). Analizirane ribe bile su iste starosti. Uzorci mesa uzeti su sa prednjeg, srednjeg i zadnjeg dela trupa. Sadržaj hranljivih materija menjao se obzirom na sistem gajenja. Izmereni udeli belančevina bili su od 16,48% do 16,78%, a pepela od 1,03% do 1,05% i nisu se statistički razlikovali. Najveća količina masti nađena je u mesu ribnjačkoga šarana, a iznosila je 19,8%. Statistički značajno manji udeo masti izmeren je u mesu dunavskog šarana (3,54%) i šarana gajenog u kavezima (5,46%). Velik udeo masti u mesu ribnjačkoga šarana verovatno je posledica ishrane žitaricama i nedovoljne prirodne hrane u ribnjaku. Nizak nivo masti u mesu šarana iz otvorenih voda posledica je hranidbe prirodnom hranom, u kojoj je povoljno uravnotežen

sadržaj masti i belančevina (Bogut et al., 2003.). Udeo SFA menjao se od 24,98%, u mišićnoj masti šarana iz otvorenih voda, do 31,82%, u mišićnoj masti šarana uzgajanog na poluintenzivni način u ribnjacima. U sastavu SFA dominirala je palmitinska, a najveće vrednosti su zabeležene u mišićnoj masti šarana uzgajanog u poluintenzivnom uzgojnom sistemu (24,3%). Oleinska masna kiselina sa udelom od 19,94% takođe je prevladavala u mišićnim mastima šarana gajenog u ribnjacima. Izmereni udeo LA u mišićnim mastima dunavskog šarana bio je 8,71%, au mišićnim mastima šarana uzgajanog u ribnjacima nešto viši (9,79%). Najmanji udeo ALA nađen je u mišićnim masti ribnjačkoga šarana (1,63%), a najveće u mišićnoj masti dunavskog šarana (2,96%). Viši udeli DPA i DHA izmereni su u mišićnim mastima dunavskog šarana, a iznosili su 22,42% i 21,14% u poređenju sa navedenim FA u masti šarana uzgajanog u kavezima (7,98% - 7,14%). Najpovoljniji odnos  $\omega$ -3 /  $\omega$ -6 PUFA nađen je u mastima šarana uzgajanog u ribnjacima, a iznosio je 1,54. Veće (manje povoljne) vrednosti omjera  $\omega$ -3 /  $\omega$ -6 zabeležene su u mišićnim mastima dunavskog šarana (2,69). Najnepovoljnije vrednosti ovog omjera izmerene su u mišićnoj masti šarana uzgajanog u kavezima (Bogut et al., 2007). Rezultati sprovedenih istraživanja ukazuju na to da je sadržaj masti i sastav FA u mišićnoj masti šarana direktno zavisao o ishrani i sistemu gajenja.

Buchtovaet al., (2007) su istraživali uticaj hrane na sastav FA u mišićnoj masti šarana uzgajanog u poluintenzivnom uzgojnom sistemu. Eksperiment je sproveden u kontrolnoj i tri probne grupe. Tokom druge uzgojne godine šaran je uz prirodnu hranu hranjen žitaricama. Udeli ukupnih SFA, MUFA i PUFA bile su u kontrolnoj i probnim grupama prilično ujednačene. U svim istraživanim grupama najzastupljenije su bile MUFA i iznosile su 64,0%. Dominantna FA iz ove grupe bila je oleinska sa 55,0%. Veliki udeo oleinske masne kiseline u mišićnoj masti šarana ne može se objasniti sadržajem oleinske kiseline u hrani kojom je šaran hranjen. Csengeri, (1996) ovu pojavu objašnjava desaturacijom SFA koje se sintetišu iz ugljenohidratne hrane i njihovu pregradnju u oleinsku kiselinu. Udeo SFA u istraživanim uzorcima mišićne masti šarana iznosio je u svim grupama oko 21,5%, a dominirala je palmitinska kiselina sa 18,8%. Od PUFA s visokim udelom je zastupljena LA, koja je iznosila od 6,58% do 6,99% zavisno o eksperimentalnoj grupi, uprkos tome što je sadržaj ove kiseline u ulju pšenice vrlo visok (70,4% od ukupnih PUFA). Sprovedena istraživanja ukazuju na to, da visok udeo LA u hrani ne utiče na njeno odlaganje u mesu. Osim navedenih podataka, cilj ovog istraživanja je bio utvrditi udeo AA koja je metabolit LA i direktno utiče na čovekovo zdravlje. Eikozanoidi koji nastaju iz AA, uzrokuju bolesti krvnog sistema. Udeo  $\omega$ -3 PUFA u mesu istraživanih šarana bila je od 2,14% na 2,40%. U svim eksperimentalnim kao i u



kontrolnoj grupi udeli ALA (0,86%), EPA (0,69%) i DHA (0,35%) bili su prilično ujednačeni. Mali udeli PUFA u opisanom istraživanju posledice su hranidbe žitaricama i manjka prirodne hrane u ribnjaku. Odnos  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 PUFA u svim istraživanim grupama nije se razlikovao i iznosio je 3,14-3,47. Uticaj pola na količinu ukupnih masti i udeo masnih kiselina u ovom istraživanju nije utvrđen. Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja autori preporučuju, da se u ishranu šarana uključi ulje lanenog semena ili nekog drugog krmiva koje bi povećalo sadržaj PUFA i snizilo odnos  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 PUFA. Meso šarana sa većim udelom  $\omega$ -3 PUFA bilo bi optimalnije za ljudsku ishranu.

Sadowski et al., (2000) su istraživali uticaj različitih hraniva na hemijski sastav mesa i sastav FA u mišićnoj masti jednogodišnjeg šarana (oko 540g) gajenih tokom različitih godišnjih doba (leta i jeseni) i hranjenih različitim krmnim smešama. Poznato je, da se kvalitet ribljeg mesa i prirast ribe može najbolje kontrolisati uzgojem u intenzivnim sistemima. U pomenutom istraživanju koristile su se tri različite krmne smeše. U prvoj eksperimentalnoj grupi šaran je hranjen hranom za pastrmke koja je sadržavala 48,5% belančevina i 21% masti. Druga i treća eksperimentalna grupa riba hranjena je krmnim smešama koje su u pogledu belančevina i masti prilagođene potrebama šarana. U drugoj eksperimentalnoj grupi šaran je hranjen peletiranom krmnom smesom koja je sadržavala 32,98% belančevina i 10,9% masti. Treća eksperimentalna grupa riba hranjena je peletiranom krmnom smesom koja je sadržavala 37,26% belančevina i 10,87% masti. Visok sadržaj belančevina u krmnoj smesi prve probne grupe rezultirao je manjim sadržajem telesnih belančevina (15,5%), dok je u drugoj i trećoj eksperimentalnoj grupi sadržaj telesnih belančevina bio ujednačen i varirao od 16,4% do 16,6%. Količina analiziranih belančevina u mesu šarana nije se značajnije menjala tokom godišnjih doba. Objašnjenje za niži sadržaj belančevina u mesu šarana hranjenog krmnom smesom sa najvećim sadržajem belančevina autori tumače, korišćenjem hrane za pastrmke koja nije prilagođena potrebama šarana u pogledu aminokiselina i energije. Ranija istraživanja našlo se, da potrebna nivo belančevina u hrani za šarane teške 500 g iznosi 30%. Takođe se pokazalo da za dvogodišnju šaransko mlađ telesne mase od 250 do 500g, optimalna količina belančevina iznosi 30% ukoliko su uravnotežene sve esencijalne aminokiseline. Udeo masti u mesu šarana hranjenog pastrvske hranom u letnjem periodu iznosio je 16,7%, odnosno 20,0% u jesen. Istovremeno, količina masti u mesu šarana druge probne grupe iznosila je 12,1% na 13,83% u letnjem, odnosno 12,8% u jesenjem periodu. Udeli oleinske i LA direktno su zavisni o količini tih FA u hrani. Upoređujući udeo oleinske kiseline tokom godišnjih doba našle su se male razlike. Udeo oleinske kiseline tokom letnjeg uzgojnog period iznosio je 35%, a tokom jeseni 34%. Za razliku od oleinske, udeo LA bio je nešto viši u jesenjem (24%),

a niži u letnjem periodu (19,9%). Najveći udeli DHA (1,0%) i DPA (6,9%) izmereni su u mišićnoj masti šarana koji je hranjen mastima sa nižim sadržajem ukupnih  $\omega$ -3 PUFA. Udeo  $\omega$ -3 PUFA nije se značajnije menjao tokom godišnjih doba. Autori navode, da su promene u sastavu FA u mišićnoj masti šarana nastale procesom sinteze lipida iz ugljenih hidrata i belančevina.

Od ukupnih FA u ikri šarana sa najvećim udelom zastupljena je palmitinska kiselina (24,2%). U sastavu ukupnih PUFA dominirale su AA (13,0%) i DHA (15,2%) koje su akumulirane u fosfolipidima. Udeli navedenih FA u triacilglicerolima iznosili su 0,6% i 1,0%. Na osnovu sprovedenih istraživanja, Mukhopadhyayet al., (2003) su utvrdili da je ikra šarana bogat izvor UFA.

Gorgun et al., (2007) su istraživali sadržaj FA u jetri i mišićnoj masti jednogodišnjih i dvogodišnjih pastrmka s obzirom na način ishrane i pol riba. Palmitinska, oleinska, LA i DHA bile su najzastupljenije u svim analiziranim uzorcima jetre i mišićne masti oba pola. Udeo DHA u jetri bio je u rasponu od 27,41%, do 29,04%, au mišićnoj masti od 11,37% do 13,05%. Veći udeli DHA zabeleženi su u jetri i mišićnoj masti mladih u poređenju sa starijim uzrasnim kategorijama pastrmka. Dobijeni rezultati analiza mišićne masti i jetre pastrmka ukazuju na to da sadržaj FA zavisi o starosti i ishrani.

Akpinar et al., (2009) su istraživali sadržaj i odnos  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 PUFA u mišićnoj masti mužjaka i ženki potočne pastrmke. Istraživanjima je pokazana signifikantna razlika između polova s obzirom na odnos  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 PUFA. U mišićnoj masti mužjaka odnos je iznosio 2,59, odnosno 2,26 u ženki. U jetri mužjaka taj odnos je bio 2,89, a 1,97 u ženki. U oba pola dominirala je palmitinska FA, sa udelima od 19,0% do 21,6%. Udeo oleinske masne kiseline bio je 15,6% u mužjaka, odnosno 22,4% kod ženki. Udeo  $\omega$ -3 PUFA bio je za EPA 6,34% (muški pol) i 7,88% (ženski pol), dok je DHA iznosio 7,38% (muški pol) i 15,6% (ženski pol).

Vujković et al., (1999) su istraživali sadržaj FA i odnos  $\omega$ -6 i  $\omega$ -3 PUFA u mišićnoj masti belog glavaša (*Hypophthalmichthys molitrix*) i sivog glavaša (*Hypophthalmichthys nobilis*). Biljojedne ribe su uzgajane u ribnjačkim uslovima, a analize mišićne masti su obavljene tokom proleća i jeseni. Poznato je da su morske ribe dobar izvor  $\omega$ -3 PUFA. Međutim, analizama je dokazano da beli i sivi glavaš imaju jednaki udeo  $\omega$ -3 PUFA, a odnos  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 PUFA je pogodniji u poređenju sa plavom morskom ribom (srdela, inćun, papalina). Osim toga, autori su istražili sezonsko variranje sastava i odnosa  $\omega$ -6 i  $\omega$ -3 PUFA. Pokazano je da nema razlika u sastavu  $\omega$ -3 i  $\omega$ -6 PUFA između ove dvije riblje vrste. U prolećnom periodu nađen je znatno veći udeo  $\omega$ -3 PUFA nego u jesen, dok je u obe ribe odnos  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 PUFA bio povoljniji u jesenjem periodu.

Hemijski sastav mesa i sadržaj masnih kiselina u dve omnivorne vrste riba (linjak i šaran) i dve vrste herbivornih riba (tolstolobik i beli amur) istraživali su Ćirković et al., (2011 b). Sadržaj vlage u mesu ispitivanih riba varirao je od 75, 02% u mesu šarana, do 77, 60% u mesu linjaka. Niže, odnosno više vrednosti vlage utvrđene su u mesu šarana (77,00%) i amura (76,22%). Najniže vrednosti proteina zabeležene su u mesu amura (14,68%), neznatno više vrednosti u pogledu proteina analizirane su u mesu linjaka (14,8%) i šarana (15,58%). Signifikantno više vrednosti proteina utvrđene su u mesu tolstolobika u poređenju sa ostale tri vrste analiziranih riba (amur, linjak i šaran). Suma zasićenih masnih kiselina varirala je od 24, 23% u mastima šarana do 36,36% u masti linjaka. Najviša suma polinezasićenih masnih kiselina utvrđena je u mesu tolstolobika, što je obzirom na način ishrane bilo i za očekivati. Signifikantno najviše vrednosti omega-3 masnih kiselina takođe su analizirane u mastima tolstolobika, kao i najbolji odnos omega-6 i omega-3 masnih kiselina. Na osnovu obavljenih analiza može se zaključiti da je meso tolstolobika u pogledu količine linolenske masne kiseline i odnosa omega-6 i omega-3, najkvalitetnija i najidealnija hrana za ljudsku ishranu. Slične rezultate hemijskog sastava mesa i sadržaj masnih kiselina dobili su Ljubojević et al., (2011).

## **2.9. Potrebe riba za mastima**

Kvantitativne potrebe riba za lipidima provedene su 70-ih i 80-ih godina prošlog veka sa ciljem zaštite zdravlja, bržeg rasta riba i zaštite životne sredine. Utvrđeno je, da je kvalitet ribljeg mesa značajno pod uticajem lipida hrane. Stoga, u novije vreme vlada interes i provode se istraživanja u kolikoj meri lipidi iz hrane utiču na sastav ribljih lipida i kvalitet mesa. Takva istraživanja sprovode se u Svetu i u nas dodatkom različitih ulja i kombinacija ulja u hranu kojom se riba hrani (Zelenka et al., 2003, Epler et al. 2009; Bogut et al., 2010; 2013; Ćulin, 2011; Ljubojević et al. 2011; 2014.).

Sadašnji trend u ishrani dužičaste pastrmke i drugih vrsta riba je, kako povećati sadržaj lipida u hrani, a smanjiti udeo proteina. Ova tendencija se opravdava brojnim istraživanjima na različitim ribljim vrstama. Smanjenje proteina u hrani za oko 7%, a povećanje lipida sa 14% na 20%, značajnije je poboljšalo rast i učinak ishrane kod dužičaste pastrmke. Procenjeno je, da povećanje nivoa lipida sa 15% na 20% u pastrvskih riba omogućava smanjenje sadržaja proteina u hrani sa 48% na 35%, bez štetnog uticaja na rast i zdravlje riba. Povoljan uticaj lipida na efikasnost ishrane u prvom redu je rezultat njihove velike energetske vrednosti i sadržaja esencijalnih masnih kiselina. Ušteda proteina u hrani doprinosi poboljšanju

uspešnosti ishrane i smanjenju zagađenja vode te poboljšanju kvaliteta akvatičnog okoline. Za pojedine vrste riba postoje podaci o optimalnom nivou lipida u hrani (Tabela 5.).

**Tabela 5. Preporuke za esencijalnim masnim kiselinama ( u % hrane ) za pojedine vrste riba**

Riba	Potreba	Izvor
Dužičasta pastrmka	1 %18:3 n-3 ili 1%VNMKn-3	Castell i sur. (1972)
Srebrni losos	1 % 18:3n-3	Yu i Sinnhuber (1979)
Pacifički losos	1% 18:3n-3+1% 18:2n-6 ili 1% PUFA n-3	Takeuchi i Watanabe (1985)
Šaran	1% 18:3n-3+1% 18:2n-6	Takeuchi i Watanabe (1979)
Evropski som	1 % 18:3n-3	Csenger i sur. (1993); Bogut (1995)
Nilska tilapija	0,5 %18:2n-6 ili 1% 20:4n-6	Takeuchi i sur. (1983)
Jegulja	0,5 18:2n-6+0,5 18:3n-3	Takeuchi i sur.(1980)
Iverak	0,6-1% VNMK n-3	Yone i sur. (1977)
Komarča	0,6% VNMK n-3	Yone i sur. (1978)

Tokom prošle decenije sadržaj lipida u hrani salmonidnih vrsta riba kontinuirano je rastao te sad neznatno premašuje i vrlo visokih 30%. Za atlantskog lososa i brancina kao i gofa utvrđene su optimalne vrednosti ovog odnosa. Međutim, čini se preuranjeno koristiti ove rezultate za vrste na kojima nisu primenjena istraživanja kao i za one, na kojima bi bilo teško primeniti hranu s visokim sadržajem lipida kao što je Iverak ili neke tropske slatkovodne omnivorne vrste. Dakle ova su tkiva (visceralne, telesno i mišićno) odgovorna za ukupan tov životinja. Kod morske ribe kao što je bakalar, brancin i komarča, jetra se ponaša kao tkivo za deponovanje što dovodi do zamašćivanja jetre ili steatoze. Ovo stanje je reverzibilno i ne smatra se patološkim, a jednostavno može biti rezultat suficita energije, a ne viška lipida iz hrane. Drugim rečima, jetra ima prednost kao mesto za skladištenje lipida jer je najviše podvrgnuta ovom procesu. Takođe, pokazuju se i razlike zavisno o starosti. Sadržaj lipida u dorzalni i ventralnom mišiću veći je u starijih i većih riba, nego u mlađih i manjih. Povećanje lipida u tkivima ne odražavaju se na isti način na različite vrste lipida. Koncentracija fosfolipida ostaje gotovo konstantna, dok su triacilgliceroli odgovorni za gotovo sve primećeno povećanje. Potrošnja hrane bogate lipidima (" visokoenergetska" ili hrana " neškodljiva za okolinu ") zahteva mnoge mere predostrožnosti. To se posebno odnosi na menadžment ishrane koja je uglavnom bazirana na količini svarljive energije. Stoga cilj proizvodnje ribe nije samo optimizovati biološke potrebe, nego zaštititi okolinu i održati

kvalitet mesa. Dakle, treba da se obezbedi da primenjena hrana ne uzrokuje preterano odlaganje masti. Nasuprot kvantitativnom snabdevanju lipida iz hrane, karakteristika i sadržaj masti imaju značajan uticaj na sastav masnih kiselina u telu ribe. Što je veće snabdevanje lipidima iz hrane, sinteza masnih kiselina "de novo" je sve više potisnuta i zamenjena skladištenjem egzogenih masnih kiselina. Dakle, kao i kod drugih životinjskih vrsta, sastav telesnih lipida zavisi o sastavu lipida iz hrane. Kod pastrmki koje su hranjene krmnim smešama sa značajnim sadržajem kukuruznog ulja (8%), pronađene su visoke koncentracije n-6 masnih kiselina u mesu, dok su n-3 masne kiseline dominirale kad je ishrana bazirana uglavnom na ribljem ulju. Uopšteno, riba hranjena komercijalnom hranom koja sadrži biljna ulja, ima viši nivo n-6 masnih kiselina, nego njihovi divlji ekvivalenti. Međutim, promene u sastavu masnih kiselina u tkivima riba su manje izražene, nego promene u hrani. Zahvaljujući reakcijama elongacije i desaturacijom kao i selektivne retencije određenih masnih kiselina, riba prilagođava sadržaj lipida svog sopstvenog tkiva odlagajući PUFA jako efikasno. Ova regulacija je još važnija kad je tov ograničen, budući da su pod ovim uslovima frakcije fosfolipida (koje su inače relativno konstantne u sastavu) veće.

## **2.10. Potrebe riba za esencijalnim masnim kiselinama**

Kada su se salmonidne ribe počele masovno da se gaje u intenzivnim uslovima, uočeno je da ne mogu da "de novo" u svom organizmu sintetisati neke višestruko nezasićene masne kiseline, ako ih nisu primile u hrani. Potrebe kalifornijskih pastrmka za linolenskom masnom kiselinom iznose 1% od suve materije hrane, utvrdili su Castell et al. (1972a). Povećanje linolenske masne kiseline u hrani, ima za posledicu povećanje 22: 6  $\omega$ -3 kiseline u tkivu ribe. Hrana, obogaćena oleinskom masnom kiselinom, uslovljava povećanje 20: 3  $\omega$ -9 kiseline u mišićnom tkivu kalifornijskih pastrmka (Kisling et al., 1989). Hrana omašćena kombinacijom polinezasićenih masnih kiselina 20: 5  $\omega$ -3 (EPA) i 22: 6  $\omega$ -3 (DHA), u razmeri 0,25%: 0,25% imala je efikasnije delovanje u ishrani kalifornijskih pastrmka, nego hrana pripremljena sa 0,5% linolenske masne kiseline (Watanabe and Takeuchi, 1976). Privredno značajne ribe iz porodice Salmonidae: *Oncorhynchus masou*, *Oncorhynchus kisutch* i *Oncorhynchus nerka*, koje se uzgajaju u SAD-u, Kanadi i Japanu, imaju potrebe za bitnim masnim kiselinama u količini od 1% linolenske masne kiseline ili 0,5% PUFA  $\omega$ - 3 reda (Yu and Sinnhuber, (1976), te Watanabe et al., (1986). Na osnovu oglada koje su sproveli Csengeri et al., (1977, 1978), te Farkaš et al., (1977) utvrđeno je da šaran daje najbolji prirast i iskorišćavanje hrane postiže kombinacijom sa 1% linolne i 1% linolenske masne kiseline u

hrani. Navedena kombinacija masnih kiselina u hrani može se jednako uspešno zameniti sa 0,5-1% PUFA  $\omega$ -3 reda (20: 5  $\omega$ -3 i 22: 6  $\omega$ -3). Potrebe jegulja (*Anguilla anguilla*) za esencijalnim masnim kiselinama utvrdili su Takeuchi et al., (1980). Tako se najbolji prirast i iskorišćavanje hrane postižu sa kombinacijom 0,5% linolne i 0,5% linolenske masne kiseline. Isti učinak postignut je sa 1% PUFA  $\omega$ -3 reda (20: 5  $\omega$ -3 i 22: 6  $\omega$ -3).

Potrebe morskih riba, *Pagrus major* i *Scophthalmus maximus* kreću se 1,5-2,0% polinezasićenih masnih kiselina  $\omega$ -3 reda (Gatesoupe et al. (1977), Leger et al. (1979) i Ione, (1979).

Satoh et al., (1989) su nakon više istraživanja zaključili, da su kvantitativne potrebe kanalskog soma 1% PUFA  $\omega$ -3 reda, uz 5% ukupnih masti. Hrana napravljena na navedeni način dala je najbolje proizvodne rezultate. Potrebe evropskog soma za esencijalnim masnim kiselinama omega-3 reda istraživao je i utvrdio Bogut, (1995). Prema navedenom autoru one iznose 1%.

## **2.11. Značaj lanenog ulja u ishrani domaćih životinja i riba**

Treba uraditi praktičnu razliku između strukturnih lipida (većina ovih lipida je genetički određena i uglavnom se nalaze u membranama) i rezervnih lipida koji se menjaju zavisno o ishrani. Strukturni lipidi uključuju polarne lipide (uglavnom fosfolipide) čija struktura i količina više zavisi o masnim kiselinama od kojih su izgrađeni, nego li o ishrani. Ugradnja ovih lipida u biološke membrane je u potpunosti genetički kontrolisana, budući da svaka membrana ima specifičan sastav masnih kiselina koji je određen funkcijom membrane, a na taj sastav samo delimično utiče ishrana. Nasuprot tome, sastav rezervnih lipida (neutralne masti, uglavnom trigliceridi) jako se menja zavisno o mestu skladištenja lipida u telu te o udelu masnog tkiva kod životinje. Sastav masnih kiselina je osobina vrste ili pak pasmine, ali pre svega, određuje ga ishrana.

Biohemijski i fiziološki parametri digestivnog sistema menjaju unesene hrane, ponekad i radikalno, a posebno lipide. Zbog toga se meso sisara kod kojih se želudac sastoji samo od jednog dela poput svinja, konja i zečeva, nešto razlikuje od mesa životinja kod kojih se želudac sastoji od više delova kao što su krave, ovce i koze. To je razlog zbog kojega svinjsko meso ima puno veći udeo polinezasićenih masnih kiselina od goveđeg mesa (Bourre, 2005).

Bakterije u prednjem delu želuca poligastričnih životinja hidrogeniraju biljne polinezasićene masne kiseline tako, da njihovo meso ima puno manje (<50%) polinezasićenih masnih

kiselina, nego što ih ima meso monogastričnih životinja. To znači, da su pokušaji da se poveća udeo polinezasićenih masnih kiselina hraneći životinje lanenim semenom (Weill et al., 2002), plodovima mora ili njihovim prerađevinama, puno uspješniji kod svinja i zečeva, nego kod goveda ili ovaca. Razvoj genetike i bolje poznavanje prehrambenih potreba omogućili su, unapređenje karakteristika rasta životinja radi povećanja mišićne mase kod živine i svinja, a kod svinja i značajno smanjenje masnih naslaga (Mourot and Hermier, 2001). Svinje koje su hranjene uljem uljane repice imaju drugačiji sastav masnih kiselina u sačuvanim lipidima u masnom tkivu te drugačiju kvalitet mesa (Mourot et al., 1995). Ovakav način ishrane svinja utiče i na kvalitet ishrane ljudi. Na primer, kod svinja koje su hranjene ALA masnim kiselinama iz lanenog semena u količini od 10 g ALA na kilogram hrane za svinje, količina ALA masne kiseline u masnom tkivu svinje može dosegnuti maksimalnu vrednost od 6,8 g na 100 g (Van Oeckel et al., 1997). Zanimljivo je, da dodatan unos ALA masnih kiselina može podstaći rast svinja u završnoj fazi. Ovaj efekat nezavisan je od konverzije ALA kiseline u EPA i DHA kiseline (Nguyen et al., 2004). Nisu rađene detaljne studije na zečevima (Lin et al., 1993), iako su oni važan deo mediteranske ishrane (kretska ishrana).

Osim u ishrani ljudi, laneno ulje i semenke lana koriste se i u ishrani tovnihi pilića (Galović 2009; Gajčević 2011; Puvača et al., 2014), tovu svinja (Kralik et al., 2010; Ernoić, 2012), proizvodnji mleka (Đidara et al., 2013), proizvodnji jaja (Petrović, 2012) i kunića (Trebušak et al., 2014; Brozić, 2014). Jaja peradi koja je hranjena semenkama lana sadrže znatno više omega-3 masnih kiselina (Bean and Lison, 2003). Povećana je proporcionalno količini omega-3 masnih kiselina koje su životinje dobile ishranom. To je povećanje veće kad je u ishrani korišćeno laneno seme, nego kada je korišćeno seme uljane repice (Cherian and Sim, 1991). Taj odnos važi za udeo ALA u ishrani u koju je dodato laneno ili seme uljane repice i udeo te masne kiseline u žumancetu jajeta (Anderson et al., 1989).

Učinak dodatka različitih izvora masti na prirast i kompoziciju masnih kiselina u mesu konzumnog šarana istraživali su Epler et al., (2009). Istraživanja su sprovedena u 5 zatvorenih objekata i to u jednoj kontrolnoj i 4 probne grupe. U svaki pokusni objekat nasaden je isti broj i približno ista ihtiomase. U kontrolnoj grupi šaran je hranjen komercijalnom krmnom smesom s 35% proteina i 7% industrijske masti. Druga grupa riba (prva probna) hranjena je istom hranom, ali sa različitim sastavom masnoća. Umesto industrijske masti, hrani je dodanno 50% suncokretovog i 50% repičinog ulja. Treća grupa riba u hrani je dobijala 80% suncokretovog i 20% lanenog ulja. Četvrta grupa riba u hrani je dobijala 100% ribljeg ulja. Istoj hrani kao i u prethodne četiri grupe dodana je svinjska mast. Sve ribe su tokom istraživanja koje je trajalo 150 dana hranjene po volji (*ad libitum*). Na kraju istraživanja, isti broj riba je žrtvovan i

analiziran. Najbolja telesna masa riba izmerena je u trećoj grupi koja je hranjena peletiranom hranom sa 35% proteina i 80% suncokretovog i 20% lanenog ulja. Istovremeno najniža telesna masa utvrđena je grupi riba koja je hranjena krmnom smesom s dodatkom svinjske masti. Najbolji odnos omega 3 i omega 6 masnih kiselina, ali i ukupna količina omega-3 masnih kiselina utvrđeni su u trećoj (100% ribljeg ulja) i drugoj eksperimentalnoj grupi (80% suncokretovo i 20% laneno ulje).

Ezer et al., (2006) ukazuju na fiziološki značaj omega 3 masnih kiselina za ljudski organizam. Autori navode i ističu da ljudski organizam ne može sintetizovati omega 3 masne, nego ih mora unosti s hranom. Autori takođe sa visokom verovatnoćom pretpostavljaju, da će ishrana šarana i tilapije krmnim smešama obogaćenim omega-3 masnim kiselinama, pozitivno delovati na povećanje omega 3 masnih kiselina i smanjenjem odnosa omega 6 i omega 3 masnih kiselina u mesu šarana i tilapije. Ishrana ljudi tako obogaćenim mesom riba, pozitivno će uticati na unos omega 3 masnih kiselina u ljudski organizam. Jedan od sigurnih izvora omega 3 masnih kiselina je obogaćivanje hrane za ribe i konzumiranje ribljeg mesa.

U tu svrhu, pod pokroviteljstvom Ministarstva poljoprivrede i Ministarstva zdravlja sprovedena su istraživanja u Izraelu tokom 2004. i 2005. godine. Glavni cilj je bio ispitati efekat dodavanja biljnog izvora omega 3 masne kiseline iz lanenog semena u ekstrudovane hranu za ribe, prateći nivo omega 3 masnih kiselina u mišićnom tkivu i odnos između omega 6 i omega-3 masnih kiselina u mesu. Rezultati istraživanja pokazuju, da se viši dnevni prirast riba signifikantno ne postiže dodavanjem lanenog ulja i semenki lana u ekstrudirane krmne smeše. Za razliku od prirasta, nivo omega 3 masnih kiselina u mišićnom tkivu bila je visoko signifikantno viša u grupama, koje su hranjene krmnim smešama sa dodatkom lanenog ulja i semenki lana. Mogućnost zamene ribljeg ulja suncokretovim i lanenim uljem te kombinacijom lanenog i suncokretovog ulja na senzorska svojstva mesa konzumne pastrmke (miris, boja, čvrstoća, ukus i uljni ukus) istraživali su Drobna i sur., (2006). Istraživanja su sprovedena u kontrolnoj i pet eksperimentalnih grupa. Kontrolna grupa pastrmka individualne mase  $257 \text{ gkom}^{-1}$  hranjena je komercijalnom hranom sa 5% ribljeg ulja. U prvoj eksperimentalnoj grupi, hrani istog sirovinskog sastava dodano je 2,5% suncokretovog ulja, drugoj eksperimentalnoj grupi 5% suncokretovog ulja, treća eksperimentalna grupa je u hrani dobijala 2,5% lanenog ulja, a četvrta eksperimentalna grupa hranjena je sa dodatkom 5% lanenog ulja. Peta probna grupa riba hranjena je hranom istog sirovinskog sastava kao i ostale grupe uz dodatak 2,5% suncokretovog i 2,5% lanenog ulja. Najbolja boja mesa utvrđena je u kontrolnoj grupi, a neznatno lošija u četvrtoj oglednoj grupi koja je hranjena peletiranom krmnom smesom u koju je dodato 5% lanenog ulja. Najintenzivniji miris mesa utvrđen je u



grupi koja je hranjena sa dodatkom 2,5% suncokretovog i 2,5% lanenog ulja. Najbolja konzistencija fileta utvrđena je u grupi koja je hranjena sa 5% suncokretovog ulja i grupi koja je hranjena sa 2,5% suncokretovog i 2,5% lanenog ulja. Najsočnije meso imale su pastrmke koje su hranjene dodatkom 5% lanenog ulja. Ukupni ukus mesa pastrmka nije se razlikovao između pojedinih grupa. Uljni ukus je bio najizraženiji kod grupa sa 2,5% suncokretovog ulja i grupa koje su hranjene kombinacijom istih procenata suncokretovog i lanenog ulja. Na osnovu sprovedenih istraživanja, autori preporučuju hranidbu konzumnih pastrmka krmnom smesom s dodatkom lanenog ulja koje je dobar izvor omega-3 masnih kiselina.

## 2.12. Užeglost masti

U reakciji sa kiseonikom, nezasićene masne kiseline, napose one  $\omega$  -6, a još više  $\omega$  -3 reda podležu procesu peroksidacije. Ovaj proces se može dogoditi u *in vitro* kao i u *in vivo* uslovima. Kod ulja i masti, ovaj proces se naziva užeglost ili ranjetljivost. U uslovima *in vivo* može se dogoditi prirodni fenomen koji je regulisan hemijskim ili enzimatski mehanizmima, ali i abnormalnom pojavom koja ubrzo prelazi u patološki proces.

Pojave koje se događaju u uslovima post mortem pod snažnim su uticajem enzima koji su bili aktivni i u *in vivo* uslovima. Poteškoće čuvanja ribljeg mesa, čak i zamrznutog, često su rezultat ove pojave. Ceo proces peroksidacije uključuje tri osnovne faze, a detaljno ih je opisao Goraze, (2001). Autor navodi inicijaciju elektrona s dvostruke veze i formiranje nestabilnog radikala, zatim sledi njihovo širenje uz tvorevnu lančane serije slobodnih radikala koji se nekad ponašaju kao reducens, a katkad i kao oksidansi. Na kraju dolazi do prekida reakcije uz formiranje terminalnih komponenata kao što se aldehidi, osobito malonaldehid i ketoni.

Bogut et al. (2014) navode da su slobodni radikali jako štetni za ćelijske organele, a čak i za makromolekuli. Terminalne komponente su toksične iako su stabilne, a malonaldehid kancerogena. Organizam poseduje dve linije ili dva mehanizma odbrane protiv ove pojave. Prva je hvatanje slobodnih radikala, a druga je enzimski sistem koji omogućava destrukciju određenih intermedijarnih komponenata. Hvatači slobodnih radikala su antioksidansi, poput vitamina A, i tokoferoli. Uloga askorbinske kiseline često je pridružena ovoj grupi, zapravo to je hidrosolubilni sinergist kiseonika.

Lipidna peroksidacija ima brojne štetne efekte. Peroksidacija dovodi do destrukcije labilnih elemenata, na primer vitamina retinola, tokoferola, riboflavina, folne kiseline u mesu i hrani. U riba može uzrokovati dijareju koja je rezultat povećanja aktivnosti nekih probavnih enzima

kao što su amilaza, lipaza i tripsin. Na nivou metabolizma problemi se kreću od zamašćenja jetre do inhibicije određenih enzima TCA ciklusa. Ipak, simptomi se najčešće pojavljuju kao rezultat nedostatka vitamina E koji se u potpunosti iskoristio za uništenje slobodnih radikala. Takođe, primećena je i mišićna distrofija i propadanje eritrocita.

Odlaganje lipofuscina takođe je karakteristično za ovo stanje, a može se lagano prikazati histološki, što omogućava i opisivanje patoloških efekata peroksidacije. Pored mišićne atrofije, koja u ekstremnim slučajevima utiče na teksturu mesa može da bude potpuno neprihvatljiva za potrošača, dovodeći i do promene ukusa i mirisa i smanjenja obojenosti mesa. Tome se treba dodati i smanjenje hranljivosti mesa kao rezultat delimične destrukcije masnih kiselina koje su važne za ljudsko zdravlje i vitamina E kao i ostalih vitamina osetljivih na oksidaciju.

Zbog navedenih razloga smatra se da bi u praksi najviše pažnje među istraživačima trebalo privući smanjenje vremena skladištenja ili roka trajanja ribljeg mesa i riblje hrane.

### **2.12.1 . Antioksidansi**

Hallivell, (1990) navodi da je antioksidans supstanca koja sprečava oksidaciju kad je prisutna u niskoj koncentraciji, a dele se na enzimске i neenzimске (rastvorljive u vodi i rastvorljive u lipidima). Oni mogu delovati kao sakupljači radikala, razlagači peroksida, inhibitori enzima i / ili inhibitori katalitičkih metalnih jona, kiseonika ili atomiziranog kiseonika. Askorbinska kiselina, koja je pri fiziološkom pH uglavnom prisutna kao askorbatni ion, i glutation su citosolni antioksidansi rastvorljivi u vodi (Hallivell, 1996). Ti antioksidansi regenerišu u lipidima rastvorljivi antioksidans vitamin E (Packer et al., 1979). Karotenoidi, takođe rastvorljivi u lipidima, uglavnom deluju tako što sakupljaju atomizirani kiseonik, ali i slobodne radikale (Sargent et al., 2002).

Lipoinjska kiselina je snažan antioksidans u Hidrofilni i lipofilni okruženju (Navari-Izzo et al., 2002). Sintetizirana „de novo“, lipoična je kiselina pronađena kao kofaktor u dvama različitim oksidativnim dekarboksilacijskim enzimskim kompleksima, piruvat dehidrogenaza i a-ketoglutarat dehidrogenaza (Reed, 1974; Bast and Haenen, 2003). Pokazano je lipoična kiselina štiti protiv reaktivnih čestica koje sadrže kiseonik te obnavlja glutation kod sisara. Primećena je takođe i obnova vitamina C kod riba. Fiziološki efekti lipoinjska kiselina uključuju inhibiciju A2 fosfolipaze (PLA2), hipoglikemijski, hipotriglikemijski (Hamano, 2002) kao i antiinflamatorni učinak (Jameel et al., 2006). Utvrđeno je da lipoična kiselina koja se unosi ishranom menja istovremeno enzimsku aktivnost te koncentraciju mRNA lipogenih

enzima u hepatocitima pacova, dok je koncentracija mRNA za sintezu sterol-CoA desaturaze te koncentracije D 5 i D 6 desaturaze smanjena zavisno o koncentraciji Lipoiniska kiselina (Huong i Ide , 2008). Ova istraživanja su pokazala smanjenu koncentraciju leptina i insulina u cirkulaciji te povećanje koncentracije adipokina u serumu nakon apsorpcije Lipoiniska kiselina. Povećanje adipokina povećava koncentraciju fosforiliranog oblika enzima adipokin monofosfat kinaza (AMPK). Aktivacija AMPK stimuliše fosforilaciju acetyl-CoA karboksilaze te smanjuje enzimsku aktivnost, što pospešuje oksidaciju masnih kiselina putem smanjene koncentracije malonil-CoA u jetri, koji je inhibitor karnitinske palmitoil-transferaze I (CPT1).

### **3. CILJ ISTRAŽIVANJA I NAUČNA HIPOTEZA**

Uzimajući u obzir protektivnu ulogu i značaj  $\omega$ -3 masnih kiselina u ljudskoj ishrani, posebno u ishrani dece, cilj naših istraživanja bio je utvrditi u kojoj meri dodavanje lanenog ulja u peletirane krmne smeše i ishrana tovnog šarana tako obogaćenom hranom utiče na količinu masti i kompoziciju masnih kiselina u mesu ribe.

Na osnovu niza oglada utvrđeno je da su masti (masne kiseline) esencijalni sastojak riblje hrane. Procesom beta-oksidacije uz prisustvo specifičnog enzimskog sistema iz masti nastaje energija, koju riblji organizam koristi za fiziološke aktivnosti. Uz to, riblje ulje je izvor esencijalnih masnih kiselina i nosilac u njima rastvorljivih vitamina. Osim navedenog, masti učestvuju u građi ćelijskih zidova kao njihov najvitalniji deo koji reguliše selektivne procese propuštanja jona različitih elemenata. Tekstura i senzorska svojstva ribljeg mesa u jakoj je korelaciji sa mastima iz riblje hrane.

Na osnovi dosadašnjih istraživanja koja su obavljena na ribama i novijim saznanjima o metabolizmu masti, postavljena je naučna hipoteza da će se ishranom konzumnog šarana peletirano krmnim smešama u koje je dodato laneno ulje, postići bolji prirast i povećanje nivoa omega-3 masnih kiselina u mesu. S obzirom na to da laneno ulje sadrži visok udeo omega-3 masnih kiselina može se pretpostaviti da će se dodatkom različitih količina lanenog ulja (2,0; 3,0; 4,0; 5,0%) u krmne smeše i ishrana šarana takvom hranom odraziti na promene omega-3 masnih kiselina u mesu šarana. Provera hipoteze obaviti će se relevantnim naučnim metodama.

### **4. MATERIJAL I METODE RADA**

#### **4.1 . Opis lokaliteta i mesto postavljanja oglada**

Eksperiment hranjenja sa lanenim uljem na proizvodne rezultate i sastav masnih kiselina u mesu šarana sproveden je u dva oglada u kavezima sistemima proizvodnje šarana. Prvi ogled sproveden je u hidroakumulaciji Grabovo kod Vukovara od 29.6. do 12.9.2009. godine. Do akumulacije se dolazi putem 4-og reda dužine 10-ak kilometara koja se odvaja u desno od glavne prometnice Vukovar - Sotin prema naselju Jakobovac, a dalje se nastavlja do Ovčare i Grabova.

Hidroakumulacija Grabovo je smeštena u prirodnoj depresiji jugoistočno od grada Vukovara, a prostire se u dužini od 700 metara i širinu 150 do 200 metara. Sastoji se od Gornjeg i Donjeg jezera. Ukupna površina hidroakumulacije Grabovo iznosi 75 ha, a zapremina vode oko 2.081.616 m<sup>3</sup>. Površina Gornjeg jezera iznosi 25 ha, a Donjeg oko 50 ha. Srednja dubina hidroakumulacije varira oko 3,5 m. Nivo vode u hidroakumulaciji je ujednačena, osim u letnjem periodu kad se javljaju oscilacije usled navodnjavanja ratarskih i povrtarskih kultura. Hidroakumulacija se puni iz podzemnog izvora kapaciteta 20 litara u sekundi i oborinskom vodom koja se prikuplja udolinama sve do Fruške gore. Manji, zapadni deo Gornjeg jezera gde su smešteni proizvodni kavezi produbljen je na oko 5 m.

Korisni volumen vode za navodnjavanje 540 ha oraničnih površina procenjen je na 1.590.000 m<sup>3</sup>, a ostatak od 491.616 m<sup>3</sup> predstavlja Hidrobiološki minimum. Višak vode iz hidroakumulacije odliva se preko prelivnih građevina u niže položenu močvarnu dolinu, a iz nje u melioracioni sistem slivnog područja Bosut.

U hidroakumulaciji nisu provedena posebna ihtiološka istraživanja, ali je prema podacima sportskih ribolovaca poznato da u jezeru žive i da se razmnožavaju šaran (*Cyprinus carpio*), linjak (*Tinca tinca*), srebrni karaš (*Carassius gibelio*), som (*Silurus glanis*) smuđ (*Sander lucioperca*), štika (*Esox lucius*) i još ekonomski manje vrednih vrsta riba. Flotantna i podvodno bilje slabo je razvijeno zbog velikih bočnih padova dna i naglog povećanja kolone vode.

U Donjem jezeru u zoni brane plutaju tresetni ostrva koji su gusto obrasli trskom. Ornitološka istraživanja ovog lokaliteta nisu posebno istraživana. Kako se radi o veštački izgrađenoj akumulaciji koju u širem prostoru omeđuju oranične površine, broj ptičjih vrsta i njihove populacije nisu značajne. Za gajenje riba je značajno saznanje da su veliki vranac (*Phalacrocorax carbo*) i siva čaplja (*Ardea cinerea*) vrlo retki.

Drugi ogled sproveden je na Tikveškom jezeru u Makedoniji u kaveznom sistemu gajenja šarana. Ogled je trajao 75 dana od 17.05. 2014. -01.08. 2014.

## 4.2. Uslovi postavljanja pokusa

Istraživanja o uticaju ishrane konzumnog šarana krmnom smesom kojoj je u različitim procentima dodano laneno ulje na promenu sadržaja masnih kiselina u mišićnom tkivu šarana, postavljena su i sprovedena u kavezima na ribogojilištu Grabovo. Kavezna platforma je izrađena od drveta i metala, a usidrena je u istočnom delu Severnog jezera koje je za tu

namenu produbljena na oko 5 m. Kolona vode ispod kaveza je iznosio 2,5 m. Na usidrenu platformu je obešeno 16 kaveza između kojih se nalazi manipulativna staza širine 80 cm (Slika 8).



**Slika 8. Centralni deo platforme u kojem je postavljen i sproveden ogled**

Za potrebe istraživanja korišćeno je 5 kaveza dimenzija  $5 \times 5 \times 3,5 \text{ m}^3$ . Iskoristiva zapremina kaveza iznosila je  $5 \times 5 \times 2,5 \text{ m}^3$ , što iznosi  $62,5 \text{ m}^3$ . Svaki od 5 kaveza mrežom prečnika oka 2,0 cm podeljen je na 4 dela. Na taj način dobijena su 4 jednaka dela zapremine  $15,6 \text{ m}^3$ . Na dno kaveza postavljena je gusta plastična mreža kako bi se što više smanjili gubici hrane.

U tri dela svakog od 5 kaveza nasadena je riba za eksperimente, dok je četvrti deo kaveza služio za manipulativne potrebe prilikom kontrolnih ribolova.

Na kaveznom sistemu u Tikveškom jezeru ogled je sproveden na dvogodišnjem šaranu prosečne težine 400 g, na ukupno devet kaveza pojedinačne zapremine  $5 \times 5 \times 5 \text{ m}^3$ . Ogled je vršen u tri grupe: kontrolna, i dve eksperimentalne (K, D1, D2), sa tri ponavljanja u svakoj grupi.

#### **4.3. Proizvodnja oglednih smeša**

Izbor hrane za ogledne peletirane krmne smeše određen je na osnovu potreba šarana, a prema Bohl, (1982), Steffens, (1985), Tacon, (1990) i Miyatake, (1997). Sirovinski sastav krmnih smjesa prikazan je u Tabeli 6.

Iz podataka u Tabeli 6 vidljivo je, da su krmne smeše u svim istraživanim grupama bile istog sirovinskog sastava, osim dodatka lanenog ulja koje se menjalo od 2% do 5% i masti (Magnapac) koja je smanjivana za istu procentnu vrednost dodatkom lanenog ulja.

**Tabela 6. Sirovinski sastav krmnih smeša za kontrolnu i probne grupe šarana u%**

Krmivo	Peletirana krmna smeša, %				
	K	P-1	P-2	P-3	P-4
Riblje brašno	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0
Sojina sačma	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0
Krmni kvasac	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Pšenčeno stočno brašno	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Kukuruzno brašno	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
Magnapac	5,0	3,0	2,0	1,0	-
Laneno ulje	-	2,0	3,0	4,0	5,0
Premiks	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Kembin maxi dry, (vezivo)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Na osnovu sirovinskog sastava kontrolne i eksperimentalnih hrana izračunat je sadržaj hranljivih materija i upoređen sa preporukama koje navode Bohl, (1982), Steffens, (1985), Tacon, (1990) i Miyatake, (1997) za tov šarana. Prema navedenim autorima, optimalna količina ugljenih hidrata treba biti 30-40% sirovih proteina 33-35% sirovih vlakana 4-5% a masti 6-10% zavisno o kategoriji ribe i izvoru masti.

Teoretske vrednosti hranljivih materija koje su dobijene računskim putem, prikazane su u Tabeli 7.

**Tabela 7. Teoretske vrednosti hranljivih materija**

Hranjiva materija	Pokusna skupina				
	K	P-1	P-2	P-3	P-4
Suva materija	89,90	89,90	89,90	89,90	89,90
Sirovi protein	36,36	36,36	36,36	36,36	36,36
Sirova mast	7,76	7,76	7,76	7,76	7,76
Sir. vlakna	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36
NET	37,90	37,90	37,90	37,90	37,90
Pepeo	7,64	7,64	7,64	7,64	7,64

Upoređujući preporučene potrebe hranljivih materija i rezultate koji su dobijeni kalkulativnim putem, a zatim i hemijskom analizom, vidljivo je da nije bilo odstupanja.

Potvrda vrednosti sirovinskog sastava krmnih smeša utvrđena je hemijskom analizom pojedinačnih sirovina i krmnih smeša (Tabela 8. i 9.).

**Tabela 8. Hemijski sastav pojedinih krmiva ( % )**

Hranjiva materija	Krmivo				
	Riblje brašno	Sojina sačma	Stočno brašno	Kukuruzno brašno	Kvasac
Suva materija	90,67	89,79	89,44	87,12	93,78
Sirovi protein	63,00	41,09	14,51	7,96	44,86
Sirova mast	8,74	1,28	2,10	3,95	1,49
Sirova vlakna	-	6,98	2,53	2,30	2,48
NET	4,28	31,60	68,00	70,81	37,85
Pepeo	14,65	5,84	2,30	2,10	7,10

**Tabela 9. Teoretske vrednosti i preporuke hemijskog sastava i bruto energije (BE) krmnih smeša kontrolne i eksperimentalnih grupa ( % )**

Hranjiva materija	Eksperimentalna grupa				
	K	P-1	P-2	P-3	P-4
Suvmaterija	89,90	89,90	89,90	89,90	89,90
Sirovi protein	36,36	36,36	36,36	36,36	36,36
Sirova mast	7,76	7,76	7,76	7,76	7,76
Sir. vlakna	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36
NET	37,90	37,90	37,90	37,90	37,90
Pepeo	7,64	7,64	7,64	7,64	7,64
BE	18,44	18,44	18,44	18,44	18,44

Teoretske vrednosti pojedinih hranljivih materija i bruto energija hraniva (Tabela 9.) bili su ujednačeni u kontrolnoj i probnim grupama, a određeni su prema hranidbenim potrebama šarana. Količina ugljenih hidrata nije prelazila dozvoljene vrednosti. Prema kalkulativnim vrednostima iznosila je 37,9%, a prema analiziranim vrednostima 34,75% do 35,56%. Prema Tacon, (1990) količina ugljenih hidrata smatra se optimalnim do 40,0%-tnog iznosa. Vrednosti sirovih vlakana za tov šarana kreću se prema Bohl, (1982), Steffens, (1985) i Tacon, (1990) između 4% i 5%. U peletiranim krmnim smešama koje smo koristili u našim istraživanjima, vrednosti sirovih vlakana varirale su zavisno od eksperimentalne grupe između 4,36-4,61% (Tabela 9. i 10.).

Pogodna količina sirovih proteina za tov šarana u kavezima i recirkulirajućim sistemima prema Miyatake, (1997) iznosi 35%. Proteinska vrednost krmnih smeša u našim istraživanjima kretale su se, od 34,68% u prvoj eksperimentalnoj grupi do 35,12% kontrolnoj



grupi, što predstavlja optimalne vrednosti za tov dvogodišnjeg šarana u kavezima (Tabela 10.).

**Tabela 10. Hemijski sastav i bruto energija (BE) krmnih smeša kontrolne i eksperimentalnih grupa (%)**

Hranjiva materija	Eksperimentalna grupa				
	K	P-1	P-2	P-3	P-4
Suvamaterija	89,61	89,45	89,82	89,46	89,74
Sirovi protein	35,12	34,68	34,83	34,92	35,04
Sirova mast	7,33	7,21	7,41	7,50	7,73
Sir. Vlakna	4,52	4,61	4,34	4,46	4,45
NET	34,75	35,19	35,56	34,93	34,93
Pepeo	7,87	7,76	7,68	7,65	7,57
BE	17,35	17,25	17,53	17,47	17,59

Količina sirove masti prema količini oko 35% proteina, zavisno o autoru, kreće se od 6% (Tacon, 1990) do 10% (Bohl, 1982; Steffens, 1985; Miyatake, 1997), a zavisi od porekla i kvaliteta masti.

Sadržaj mineralno-vitaminskog premiksa prikazan je u Tabeli 11, a pripremljen je prema Tacon, (1990) i u potpunosti odgovara potrebama šarana u tovu.

Potrebe šarana u tovu za aminokiselinama (35% proteina u hrani), preporučene i analizirane vrednosti prikazane su u Tabeli 12.

Kompozicija masnih kiselina u lanenom ulju prikazana je u Tabeli 13.

**Tabela 11. Mineralno - vitaminski premiks za omnivorne vrste riba , sadržaj u 1 kg ( Tacon , 1990 )**

Sastojak	Jedinica mere	Količina
<b>Makroelementi</b>		
Kalcijum	%	2,00
Fosfor iskoristivi, min.	%	0,7
Magnezijum, min	%	0,06
<b>Mikroelementi</b>		
Gvožđe	mg·kg <sup>-1</sup>	30
Cink	mg·kg <sup>-1</sup>	50
Mangan	mg·kg <sup>-1</sup>	25
Bakar	mg·kg <sup>-1</sup>	3
Kobalt	mg·kg <sup>-1</sup>	0,5
Jod	mg·kg <sup>-1</sup>	3
Hrom	mg·kg <sup>-1</sup>	0,25
Selen	mg·kg <sup>-1</sup>	0,10
<b>Vitamini</b>		
A, Retinol	IJ kg min.	3000
D-3, Kalciferol	IJ kg min.	1500
E, Tokoferol	mg·kg <sup>-1</sup>	120
K, Filokinon	mg·kg <sup>-1</sup>	6
B-1, Tiamin	mg·kg <sup>-1</sup>	18
B-2, Riboflavin	mg·kg <sup>-1</sup>	24
B-6, Piridoksal	mg·kg <sup>-1</sup>	18
Nikotinska kiselina	mg·kg <sup>-1</sup>	108
Pantotenska kiselina	mg·kg <sup>-1</sup>	72
H, (B-7), Biotin	mg·kg <sup>-1</sup>	0,2
Folna kiselina, Folacin	mg·kg <sup>-1</sup>	3
B-12, Kobalamin	mg·kg <sup>-1</sup>	0,015
C, L-askorbinska kiselina	mg·kg <sup>-1</sup>	450
B-4, Kolin, Trimetiletanolamin	mg·kg <sup>-1</sup>	120
Inozitol	mg·kg <sup>-1</sup>	150

**Tabela 12. Potrebe šarana u tovu za aminokiselinama izražene u procentu ( % ) kod 35% proteina u hrani , preporučene i analizirane vrednosti**

Aminokiselina	Preporučene vrednosti prema		Analizirane vrednosti
	Nose (1979)	Ogino (1980)	
Arginin	4,3	4,4	4,2
Histidin	2,1	1,5	1,7
Izoleucin	2,5	2,6	2,5
Leucin	3,3	4,8	3,7
Lizin	5,7	6,0	5,5
Metionin	2,1	1,8	1,9
Treonin	3,9	3,8	4,1
Triptofan	0,8	0,8	1,1
Valin	3,6	3,4	3,5
Fenilalanin	3,4	3,4	3,3

**Tabela 13. Kompozicija masnih kiselina u lanenom ulju (g/100g masti i g/100g masnih kiselina)**

Masna kiselina	g/100g masti	g/100g masnih kiselina
Miristinska (14:0)	0,038	0,04
Pentadekanska (15:0)	0,019	0,02
Palmitinska (16:0)	4,854	5,10
Palmitoleinska (16:1)	0,047	0,05
Heptadekanska (17:0)	0,057	0,06
Heptadekanska (17:1)	0,029	0,03
Stearinska (18:0)	2,897	3,04
Oleinska (18:1)	16,834	17,68
Linolna (18:2)	15,323	16,09
Arahidinska (20:0)	0,144	0,15
$\alpha$ -linolenska (18:3n6)	0,171	0,18
Eikozenska (20:1)	0,220	0,23
Linolna (18:3n3)	54,235	56,97
Eikozadienska (20:2)	0,048	0,05
Behenska (22:0)	0,096	0,10
Eruka (22:1)	0,010	0,02
Eikozatrienska (20:3n3)	0,124	0,13
Eikozapentaenska (20:5n3)	0,057	0,06
Ukupno ostale	4,797	0
<b>Ukupno</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

U drugom ogledu izvedenom na Tikveškom jezeru korišćena je peletirana hrana proizvedena u fabrici stočne hrane "Komponenta" Čuprija. Sve smeše su zadovoljavale nutritivne potrebe šarana i komponente koje su bile uključene su sojina sačma, kukuruz,

pšenica, suncokretova sačma, riblje brašno, stočni kvasac i vitaminsko mineralni premiksi. Na goteve smeše naknadno je nanešeno sojino ulje – 6% (kontrolna grupa - K), laneno ulje – 6% (D1) i riblje ulje- 6% (D2).

#### 4.4 . Nasad dvogodišnjeg šarana u kavezima

Nasad je obavljen 17.6.2009 . godine, dvogodišnjim mladem iz sopstvenog gajenja. Šaran je nakon izlova sortiranih prema telesnoj težini i nasaden u eksperimentalne kaveze. Pre nasada, riba je tretirana 1%-tnim rastvorom NaCl. Tabela 14. prikazuje broj nasadenih jedinki, prosečnu individualnu i ukupnu masu šarana u kontrolnoj i eksperimentalnim grupama.

**Tabela 14. Broj nasadenih jedinki , prosečna individualna masa i ukupna nasadna masa dvogodišnjeg šarana u kontrolnoj i eksperimentalnim grupama**

Eksperimentalna grupa	Broj kaveza	Nasad dvogodišnjeg šarana		
		Jedinki	Prosečna nasadna masa g	Ukupna nasadna masa g
K- kontrola	1	60	201,7	12102
	2	60	201,7	12102
	3	60	201,7	12102
P-1	4	60	203,7	12222
	5	60	203,7	12222
	6	60	203,7	12222
P-2	7	60	201,0	12060
	8	60	201,0	12060
	9	60	201,0	12060
P-3	10	60	201,0	12060
	11	60	201,0	12060
	12	60	201,0	12060
P-4	13	60	201,0	12060
	14	60	201,0	12060
	15	60	201,0	12060

U drugom ogledu nasad dvogodišnje mlađi šarana obavljen je 17.05.2014

#### 4.5 . Plan istraživanja

Istraživanje uticaja lanenog ulja na proizvodne rezultate i kompoziciju masnih kiselina u mesu tovnog šarana obavljeno je u 5 tretmana odnosno, u jednoj kontrolnoj i 4

eksperimentalne grupe u prvom ogledu. Svaki od 5 tretmana sastojao se od 3 ponavljanja. U svaki od 15 oglednih kaveza nasadeno je po 60 jedinki. U kontrolnoj grupi šaran je hranjen peletiranom krmnom smesom bez dodatka lanenog ulja. Prvoj oglednoj grupi u peletiranu krmnu smešu dodano je 2% lanenog ulja. U drugoj eksperimentalnoj grupi, istoj hrani dodano je 3% , hrani u trećoj eksperimentalnoj grupi 4% , u četvrtoj eksperimentalnoj grupi dodano je 5% lanenog ulja. Za istu vrednost dodatog lanenog ulja smanjena je količina Magnapac masti.

U drugom ogledu rađeno je u tri grupe: kontrolna, i dve eksperimentalne (K, D1, D2), sa po tri ponavljanja u svakoj grupi.

#### 4.6 . Ishrana šarana

Dvogodišnji šaranski mlađ hranjen je svakodnevno sa tri obroka: u 9, 14 i 19 časova. Dakle, ukupno potrebni obrok podeljen je u tri dela. Dnevna količina hrane određivana je prema hranidbenim tablicama (Miyatake, 1997.), a na osnovu temperature vode, koncentraciji rastvorenog kiseonika i ukupne mase ribe (Tabela 15.). Ishrana šarana je korigovana zavisno o fizičko- hemijskim parametrima vode i vlastitom iskustvu i zapažanju.

**Tabela 15. Dnevne količine hrane za ishranu šarana standardnim smešama na osnovu promena temperature vode i mase ribe izražene u % telesne mase (Miyatake , 1997.)**

Temp. vode (°C)	Telesna težina (g)									
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-100	100-200	200-400	400-600	600-800	800-1000
15	3,2	2,8	2,5	2,3	2,0	1,7	1,5	1,3	1,1	0,9
16	3,4	3,0	2,7	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,1	0,9
17	3,7	3,2	2,9	2,6	2,2	1,9	1,7	1,5	1,2	1,0
18	4,0	3,4	3,1	2,8	2,3	2,0	1,8	1,6	1,3	1,0
19	4,3	3,7	3,4	3,0	2,5	2,2	1,9	1,7	1,3	1,1
20	4,6	4,0	3,7	3,2	2,7	2,4	2,2	1,8	1,4	1,2
21	4,9	4,3	4,0	3,4	2,9	2,6	2,1	1,9	1,5	1,3
22	5,3	4,6	4,3	3,7	3,1	2,8	2,3	2,0	1,6	1,4
23	5,7	4,9	4,6	4,0	3,4	3,0	2,5	2,1	1,7	1,5

24	6,1	5,3	4,9	4,3	3,7	3,2	2,7	2,3	1,8	1,6
25	6,5	5,7	5,2	4,6	4,0	3,4	2,9	2,5	2,0	1,7
26	6,9	6,1	5,5	4,9	4,3	3,7	3,1	2,7	2,2	1,8
27	7,4	6,5	5,8	5,2	4,6	4,0	3,3	2,9	2,4	1,9
28	7,9	6,9	6,2	5,6	4,9	4,3	3,6	3,1	2,6	2,0
29	8,4	7,4	6,6	6,0	5,2	4,6	3,9	3,3	2,8	2,1
30	8,9	7,9	7,0	6,4	5,7	4,9	4,2	3,5	3,0	2,2

U drugom ogledu ishrana riba vršena je automatskim hranilicama dva puta dnevno u 8 i 15 h, pri čemu je dnevna količina date hrane iznosila 2% od ukupne biomase riba.

#### 4.7 . Praćenje fizičko - hemijskih parametara vode

Tokom istraživanja koje je trajalo 75 dana svakodnevno je merena temperatura vazduha u 7, 13 i 19 časova, kada je merena i temperatura vode . Merenja su obavljena živinim termometrom instaliranim na kaveznoj platformi sa podelom skale 10/1 °C. Temperature vazduha su izražene kao minimalne , maksimalne i srednje vrednosti .

Temperature vode su kao i temperature vazduha merene tri puta dnevno. Merenja su obavljena prenosnim digitalnim oksimetrom marke Mettler - Toledo SevenGo 6 na dubini 100 cm u kavezima . Prozirnost vode merena je Secchi diskom svakih 7 dana .

Zasićenost kiseonikom prikazana je u procentu, a izračunat je prema formuli na osnovu izmerenog rastvorenog kiseonika .

$$\% = ( [ O_2 ] / [ O_{sat} ] ) \times 100$$

gde je :

% = Procenat saturacije

[ O<sub>2</sub> ] = izmerena koncentracija kiseonika

[ O<sub>sat</sub> ] = zasićena koncentracija kiseonika na lokalnoj temperaturi ( zavisi o visini , barometarsku pritisku , i slanost ili provodljivosti )

Koncentracija H<sup>+</sup> i OH<sup>-</sup> jona , odnosno pH vrednost vode merena je prvih 15 dana tri puta dnevno kada i temperatura vode i koncentracija rastvorenog kiseonika , a zatim svakih sedam

dana kada su mereni i ostali fizičko- hemijski parametri . Vrednosti pH merene su prenosnim digitalnim oksimetrom. Ostali hemijski pokazatelji vode : ugljen dioksid , alkalitet , nitrati i organsko zagađenje vode mereni su svakih 7 dana prema standardnim metodama ( APHA , 1980 ) u Vetrinarska zavodu u Vinkovcima .

#### 4.8. Praćenje proizvodnih rezultata

Prema postavljenim zadacima koji proizilaze iz cilja ovog rada, a na osnovu eksperimentalnih ribolova koji su obavljani svakih 15 dana i konačnog izlova ribe, praćeni su sledeći proizvodni pokazatelji:

- prosečna individualna masa,  $g \cdot kom^{-1}$
- prosečni individualni prirast,  $g \cdot kom^{-1}$
- prosečni individualni dnevni prirast,  $g \cdot kom \cdot dan^{-1}$
- individualna specifična brzina rasta (SGR ind.),  $\% \cdot dan^{-1}$
- prirast ihtiomase, kg
- dnevni prirast ihtiomase, g
- specifična brzina rasta ihtiomase (SGR ihtiom.),  $\% \cdot dan^{-1}$
- hranidbeni koeficijent,  $g \cdot g^{-1}$
- dnevni utrošak hrane,  $\% \cdot dan \cdot kom^{-1}$
- preživljavanje, %

Prosečna individualna masa dvogodišnjeg šarana ( $g \cdot kom^{-1}$ ) izražena je kao koeficijent ukupne ihtiomase i broja riba nakon probnih ribolova i na završetku eksperimenta, a izračunat je prema formuli:

$$\text{Prosečna individualna masa } g \cdot kom^{-1} = \text{ukupna ihtiomase} : \text{broj riba}$$

Prosečni individualni prirast ( $g \cdot kom^{-1}$ ) utvrđivan je na osnovu razlike masa između probnih ribolova, prema formuli:

$$\text{prosečni individualni prirast } (g \cdot kom^{-1}) = W_1 \text{ ind.} - W_0 \text{ ind.}$$

gde je:  $W_1 \text{ ind.}$  = završna masa g;  $W_0 \text{ ind.}$  = početna masa g

$$\text{Prosečni dnevni individualni prirast } g \cdot kom \cdot dan^{-1} = W_1 \text{ ind.} - W_0 \text{ ind.} : t$$

gde je:  $W_1$  ind. = završna masa;  $W_0$  ind. = početna masa;  $t$  = vreme gajenja (dana)

Kako dnevni prirasti riba, izraženi u  $g \times dan^{-1}$  za intenzivni sistem gajenja nisu dovoljno definisani, stoga su uz taj pokazatelj korišćeni i dnevni prirast u procentu za individualnu i ukupnu masu ribe, a izraženi su kao  $SGR\% \cdot dan^{-1}$  (Specific growth rate - specifična brzina rasta) za posmatrani period gajenja. Navedeni parametri izračunati su prema formulama Ronyai i Ruttkay, (1990):

$$SGR_{ind.} \% \cdot dan^{-1} = \frac{\ln w_t - \ln W_0}{t} * 100$$

gde je:  $\ln w_t$  = prirodni logaritam završne individualne mase;  $\ln W_0$  = prirodni logaritam početne individualne mase;  $t$  = trajanje gajenja (dana)

$$SGR_{ihtiomase} \% \cdot dan^{-1} = \frac{\ln W_t - \ln W_0}{t} * 100$$

gde je:  $\ln W_t$  = prirodni logaritam završne ihtiomase;  $\ln W_0$  = prirodni logaritam početne ihtiomase;  $t$  = trajanje gajenja (dana)

Gubici ribe, odnosno preživljavanje za posmatrani period utvrđivano je prema formuli Ronyai i Peteri, (1990):

$$S\% = \frac{nt}{n_0} * 100$$

gde je:  $nt$  = broj jedinki na kraju istraživanog perioda;  $n_0$  = broj jedinki na početku istraživanog perioda

Hranidbeni koeficijent za periodično i ukupno uzgojno period izračunat je prema formuli Ronyai i Peteri, (1990):

$$HK \text{ g/g} = \frac{F}{W_t - W_0}$$

gde je:  $F$  = utrošena hrana;  $W_t$  = završna masa ribe za posmatrani period;  $W_0$  = početna masa ribe



Dnevni utrošak hrane ( $\% \cdot \text{kom} \cdot \text{dan}^{-1}$ ) izražen je kao proizvod individualne specifične brzine rasta u procentu i hranidbenog koeficijenta prema formuli Ronyai i Ruttkai, (1990):

$$\text{Dnevni utrošak hrane } \% \cdot \text{dan} \cdot \text{kom}^{-1} = \text{SGR}_{\text{ind.}} \times \text{FCR}$$

gde je: SGR = individualna specifična brzina rasta; FCR = hranidbeni koeficijent  $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$

Bruto energija krmnih smeša izračunat je prema obrascu:

$$\text{Bruto energija} = Z_1 \times 23,9 + Z_2 \times 39,8 + Z_3 \times 17,6, \text{ a izražena je u kJ.}$$

Nakon završetka eksperimenta, iz svakog od 15 kaveza uzeto je po 10 riba za hemijsku analizu mesa na proteine, masti, vlagu i pepeo, holesterol i kompoziciju masnih kiselina.

#### 4.9. Analitičke metode

Hranidbena vrednost riblje hrane određuje se na osnovu više elemenata, a najvažniji su količina i kvalitet hranljivih materija koje hrana sadrži: suva materija (može se izražavati i prema količini vlage), sirovi protein, sirova mast, sirova vlaknina, NET i mineralno-vitaminski dodatak .

Određivanje sadržaja vlage provoden je tako, da se uzorak stočne hrane suši 3-5 sati na  $105^{\circ}\text{C}$ , a zatim hladi propuštanjem vazduha. Razlika između težine uzoraka pre i posle sušenja naziva se sirovom vodom ili vlagom. Izmerena vrednost ne odgovara potpuno osnovnom sadržaju vlage u ribljoj hrani. Naime, hemijski vezana, tzv. kristalna voda mineralnih soli u velikoj meri ostaje vezana. Izraz »suva materija« nije isto što i značenje suva stočna hrana.

Sadržaj pepela u ribljoj hrani određivan je spaljivanjem uzorka u specijalno konstruisanim pećima na  $550\text{-}600^{\circ}\text{C}$ . Dobijeni ostatak je hlađen vazduhom i nakon toga je meren. Nakon spaljivanja i hlađenja ostatak odgovara pepelu i gubitku težine organske materije. Teoretski bi se pepeo mogao izjednačiti zbiru neorganskih udela u hrani. U pepelu se nalaze mineralne materije stočne hrane. Ukoliko se oduzme sadržaj pepela od sadržaja suve materije, ostaje organska supstanca koju čine hranljive materije.

Sirovi proteini u krmnim smešama nisu određivani direktno. Prvo je određen sadržaj azota Kjeldahl metodom. Na osnovu sadržaja azota određivan je sadržaj sirovih proteina. Proteini koji se pojavljuju u prirodi sadrže otprilike 16% azota. Kako bi se izračunala ukupna količina proteina, pronađena količina azota množena je sa faktorom 6,25, jer je  $16 \times 6,25 = 100$ . Sirovi proteini su znači isto što i N k 6,25. Taj način određivanja proteina ima i određene nedostatke. Udeo azota u belančevinama kreće se oko 16%, ali se ne spušta ispod 15,5% i ne prelazi 17%. Greška koja nastaje množenjem sa faktorom 6,25 ostaje relativno mala.

Sadržaj sirove masti određivan je ispiranjem uzorka stočne hrane etrom u tzv. Soxhlet-uređaju. Pri tome se ispiraju masti etra koji se mogu izmeriti nakon što etar ispari. Ovde se rezultat analize mora tačno opisati. Precizno rečeno, sirova mast je ekstrakt etra, odnosno zbir svih komponenti koje su rastvorljive u etru. To nisu samo lipidi i lipoidima, nego i druge materije poput voska i organskih boja, koje ne pripadaju triacilglicerolima.

Određivanje sirovih vlakana provođeno je tako, što je uzorak krmne smeše kuvan 10 minuta sa razređenom sumpornom kiselinom, a onda sa natrijum hidroksidom. Proteini i masti su otklonjene ispiranjem sa vodom, a voskovi i boje su tretirane etrom ili acetonom. Tako u uzorku osim sirovih vlakana ostaju još poneke mineralne materije, ukoliko se prethodnim tretiranjem nisu već uklonile. Za odvajanje sirovih vlakana korišćen je ostatak uzorka koji je izgarao u peći. Sirovo vlakno je određeno na osnovu razlike težine pre i posle sagorevanja.

Sadržaj bezazotnih ekstraktnih materija (NET) određuje po formuli:

$$\text{NET} = 100 - (\% \text{ sirove vlage} + \% \text{ pepela} + \% \text{ sirovog proteina} + \% \text{ sirove masti} + \% \text{ sirovog vlakna}).$$

#### **4.10. Ekstrakcija ukupnih lipida za određivanje masnih kiselina**

Analize prvog ogleđa su urađene na Institutu za higijenu i tehnologiju mesa u Beogradu, a anlizе drugog ogleđa urađene su na Institutu za prehrambene tehnologije u Novom Sadu. Ukupni lipidi za određivanje masnih kiselina, ekstrahovani su metodom ubrzane ekstrakcije rastvaračima (Accelerated solvent extraction, ASE) na aparatu Dionex ASE 200. Homogenizirani uzorak pomešan s dijatomejskom zemljom, ekstrahovan je smesom n - heksana i izo - propanola ( 60:40 v / v ) u 33 ml ekstrakcionoj stanici, na

temperaturi od 100°C i pod pritiskom azota od 10,3 MPa. Dobijeni ekstrakti su upareni u struji azota , na aparatu Dionex SE 500, na 50 °C , do suvog ostatka masti.

Ekstrahovana mast dalje je korišćena za određivanje masnih kiselina.

#### **4.11. Analiza sastava masnih kiselina**

Metilesteri masnih kiselina pripremljeni su transesterifikacijom sa trimetilsulfonij-hidroksidom, prema metodi SRPS EN ISO 5509: 2007. Metilesteri su razdvojeni na polarnoj cijanopropil-aril koloni HP-88 (dužina kolone 100 m, unutrašnji prečnik 0,25 mm, debljina filma 0,20 m, Agilent, USA), u programiranom temperaturnom opsegu, na kapilarnom gasnom hromatografu Shimadzu 2010 (Kioto , Japan), sa plameno-jonizujućim detektorom. Temperatura injektora bila je 250 °C, a detektora 280 °C. Kao noseći gas korišćen je azot, sa protokom 1,33 ml / min i odnosom splita 1:50. Injektirana zapremina iznosila je 1 ml, a ukupno vreme trajanja analize 50,5 minuta.

Metilesteri masnih kiselina su identifikovani na osnovu retencijskih vremena, poređenjem sa retencionim vremenima smeše metilestera masnih kiselina u standardu, SUPELCO 37 Component FAME Mix (SUPELCO, Bellefonte, USA).

#### **4.12. Određivanje sadržaja holesterola u mesu ribe**

Određena masa mišićnog tkiva ribe je bez prethodne ekstrakcije lipida saponificirana prema metodi Maraschiella i sar. (1996). Nakon saponifikacije i ekstrakcije lipida , ekstrakti su upareni u struji azota . Suvi ostatak je rekonstituiran u odgovarajućoj smesi rastvarača i određena zapremina je injektirana u HPLC / PDA sistem .

Sadržaj holesterola je određen na aparatu HPLC Waters 2695 Separation modul, s Waters 2996 Photodiodearray detektorom ( PDA ). Hromatografsko odvajanje je postignuto na Phenomenex Luna C18 ( 2 ) koloni ( 150 mm × 3,0 mm , veličina čestice 5µm ) , sa odgovarajućom pretkolonom , izokratno, s mobilnom fazom izopropanol - acetonitril 0,20% : 80% v / v. Injektirana zapremina bila je 10 ml. Holesterol je određivan apsorpcijom na

talasnoj dužini 210 nm . Analitički prinos ( Recovery ) za ispitivane količine bio je od 66,30% do 74,80% . Sadržaj holesterola izračunat je eksternom kalibracijom. Za kontrolu sistema , akviziciju podataka i njihovu obradu korišćen je Empower Pro softver .

#### **4.13. Statistička obrada podataka**

Statistička značajnost je testirana Kolmogorov - Smirnovljevim testom . Normalnom raspodelom kontinuirane varijable smatrana je svedenost i zaobljenost raspodela manja od 1. Srednje vrednosti kontinuiranih varijabli izražene su Medijanom i rasponom za promenljive koje se ne raspodeljuju normalno i za male uzorke. Analiza deskriptivnih statističkih parametara rađena je ANOVA metodom. Za utvrđivanje razlike između dva nezavisna uzoraka upotrebljavan je Mann - Whitneyev U - test za neparametrijsku raspodelu . Za utvrđivanje razlika između više od dva nezavisna uzorka upotrebljavan je Kruskal - Wallisov test za neparametrijsku raspodelu, potom Mann - Whitneyev U - test za *post hoc* neparametrijsku raspodelu. Za utvrđivanje povezanosti upotrebljavan je Spearmanov koeficijent korelacije  $\rho$  ( Rho ) za neparametrijsku raspodelu.

Podatci su analizirani statističkim postupcima ispitivanja razlika i povezanosti pomoću SPSS 15.0 ( SPSS inc., Chicago , IL , SAD ) uz nivo značajnosti  $\alpha=0,05$  .

## 5. REZULTATI I DISKUSIJA

### 5.1 . Rezultati fizičko- hemijskih parametara vode

Tokom istraživnog perioda koje je trajalo 75 dana (29.Jun – 12. septembar) , od fizičko-hemijskih parametara svakodnevno je merena: temperatura vode , koncentracija rastvorenog kiseonika i pH vrednost .

Ostali fizičko- hemijski parametri vode (providnost , koncentracija ugljen dioksida, koncentracija amonijevih i nitratnih jona , organsko zagađenje) mereni su jednom nedeljno. Istovremeno sa merenjem temperature vode koja je uz koncentraciju rastvorenog kiseonika služila za određivanje obroka, merena je i temperatura vazduha.

Poželjne vrednosti , dozvoljene granice i vrednosti koje izazivaju uginuće riba navedeni su u Tabeli 16.

**Tabela 16. Osnovni parametri kvaliteta vode u ribnjacima, akumulacijama i jezerima za vreme gajenja riba**

Parametar	Poželjne vrednosti	Dozvoljene granice	Izaziva uginuće
Temperatura vode °C	20-30	14 i više	-
Kiseonik O <sub>2</sub> mg/l	5+	3+	0,5
Slobodni CO <sub>2</sub> mg/l	>10	>30	140
H <sub>2</sub> S mg/l	0	-1	5-12
pH	7-8	6-9	<5 – 9>
Alkalitet mval	1,8-2	-	-
Tvrdoća ukupna nj <sup>o</sup>	5-8	3-5	-
Karbonatna tvrdoća nj <sup>o</sup>	Slično kao ukupna tvrdoća		
Utrošak KMnO <sub>4</sub> mg/l	do 20	30-40	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	-3	5 i >
NO <sub>3</sub> mg/l	1-2	2	50
NO <sub>2</sub> mg/l	-	-	Stotinka do desetinka

### 5.1.1 . Temperatura vazduha i vode

Srednja temperatura vazduha na širem području jezera Grabovo gde su obavljena istraživanja izmerena u junu, iznosila je 34,9 °C (interkvartilni raspon 25,7-26,8 °C), a varirala je od 34,2 °C do 35,7 °C. U poređenju sa septembrom, sa medijanom temperature od 29,7 °C (interkvartilnog raspona 21,8-34 °C), nije bilo statistički značajnih razlika. U skladu sa temperaturom vazduha menjala se i temperatura vode.

Srednje dnevne temperature vode tokom istraživanja juni-septembar menjale su se od 16 °C u septembru do 29,2 °C početkom jula.

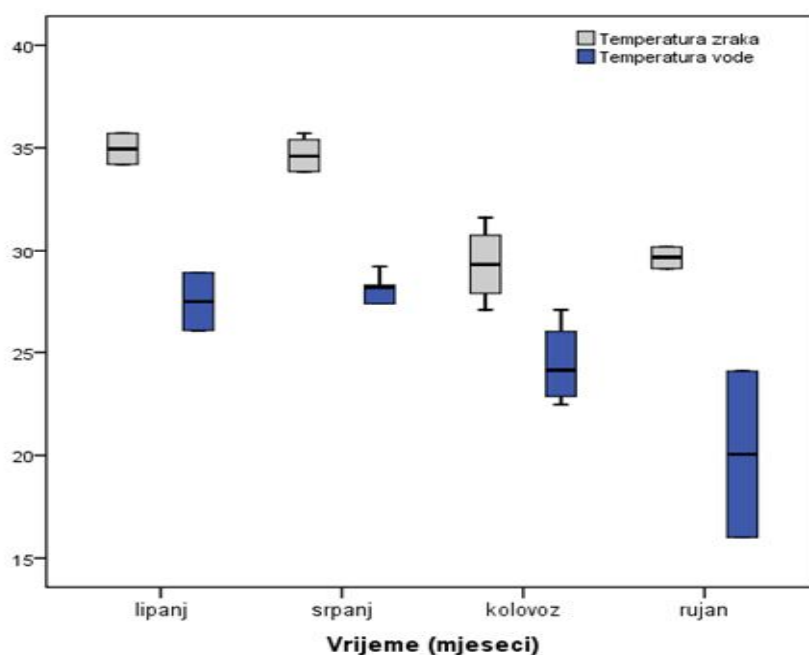
Najviša srednja temperatura vode bila je u julu, a iznosila je od 28,2 °C (interkvartilni raspon 25,5-28,8 °C). Osetno niže temperature vode bile su u septembru, a kretale su se od 16 (najniža izmerena temperatura vode tokom eksperimenta) do 24,1 °C (Tabela 17, Slika 9).

**Tabela 17. Srednje vrednosti temperature vazduha i vode prema mesecima**

Meseci	Temperatura vazduha (°C)			Temperatura vode (°C)		
	Medijana (interkvartilni raspon)	Minimum / maksimum	p*	Medijana (interkvartilni raspon)	Minimum / maksimum	p*
Jun	34,9 (25,7 – 26,8)	34,2 – 35,7	0,083	27,5 (19,6 – 21,7)	26,1 - 28,9	0,104
Jul	34,6 (31,5 – 35,6)	29,1 – 35,7		28,2 (25,5 – 28,8)	23,6 – 29,2	
Avgust	29,3 (27,5 – 31,2)	27,1 – 27,5		24,2 (22,7 – 26,6)	22,5 – 27,1	
Septembar	29,7 (21,8 – 34)	29,1 – 30,2		20,1 (12 – 29,5)	16 – 24,1	

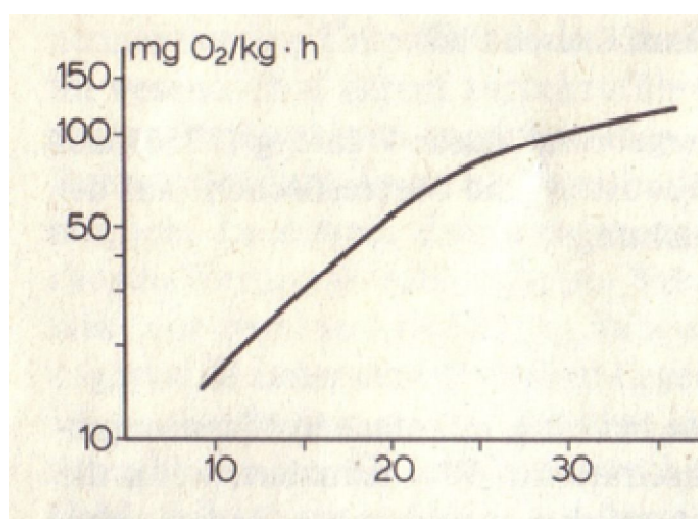
\*Kruskal Wallis test

Temperatura vode ima značajnu ulogu u metabolizmu sve poikiloternih životinja pa tako i riba . Međutim , efekti su različiti , a zavise od vrste ribe i stanju njihove aktivnosti. Tako salmonidne vrste riba preferiraju temperature vode ispod 15 ° C , dok temperature vode iznad 20 ° C koje su povoljne za šarana , kritične su ili čak letalne za salmonide .



**Slika 9. Srednje temperature vazduha i vode ( s interkvartilnim rasponom )  
prema mesecima**

Steffens ( 1985 ) navodi , da na gornje i donje granične vrednosti temperature vode značajan uticaj ima aklimatizacija riba . Velike i brze oscilacije u pogledu temperature vode , na primer sa 25 °C na ispod 10 °C kod šarana ima za posledicu stanje šoka koji može izazvati ugibanja ( Albrecht, 1974 ) . Standardna potrošnja kiseonika kod šarana u zavisnosti od temperature vode prikazana je na Slici 10.



**Slika 10. Standardna potrošnja kiseonika kod šarana telesne mase 100 gu zavisnosti od temperature vode ( Beamish , 1964 )**

Uopšteno, izmena materija se kod riba povećava sa porastom temperature vode, sve do letalne granice ukoliko ribe imaju dovoljno vremena za prilagođavanje. U pogledu temperature vode za ribe vredi Van't Hoffovo pravilo, koje kaže, da povećanje temperature vode za 10 °C dovodi do povećanja brzine reakcije riba za 2 do 3 puta ( $Q_{10} = 2-3$ ).

Prema Vinberg, (1956.) bi se  $Q_{10}$  - vrednosti, interesantne za proizvodnju, radi svrsishodnijeg tumačenja trebale da se klasifikuju u manje temperaturne intervale i to na sledeći način:

10 - 15 °C: 2,9; 15 - 20 °C: 2,5; 20 - 25 °C: 2,3; 25 -30 °C: 2,0.

Očigledno je kako se vrednosti  $Q_{10}$  smanjuju sa povećanjem temperature, što se vidi i na slici 10., semilogaritamski prikaz zaravnjene krive.

Aktivna izmena materija, obzirom na temperaturu vode, ne pokazuje obavezno isti tok kao bazalna izmena materija. Aktivna izmena materija može, u zavisnosti od vrste ribe, s povećanjem temperature vode porasti blizu letalne granice. Međutim, isto tako može i na odgovarajućoj temperaturi postići konstantni nivo pa čak i opadati. Razlika između aktivne izmene materija i bazalne izmene materija odražava se na potrošnju kiseonika koji stoji na raspolaganju ribi. Kod potočnih pastrmki se bazalna izmena materija pri 5 do 25 °C, kontinuirano povećava. Međutim, aktivna izmena materija stagnira, odnosno opada pri temperaturama 15-25°C, na osnovu čega se da zaključiti, da rastvorena količina (koncentracija) kiseonika ne pokriva povećane potrebe za kiseonikom pri aktivnoj razmeni materija.

**(Tabela 18). Potrošnja kiseonika ( $\text{mg O}_2 \cdot \text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ) pri temperaturi vode od 5 do 25 °C (Dickson i Kramer, 1971)**

Temperatura vode °C	Bazalna izmena materija	Aktivna izmena materija brzina plivanja 0,5- 1,6 m/s	Granice opsega delovanja
5	36	384	348
10	42	468	426
15	78	576	498
20	84	570	486
25	138	478	336

Temperatura vode je uz hranu glavni faktor koji reguliše sastav masnih kiselina u fosfolipidima ćelijskih membrana ( Farkas, 1993 ) , trigliceridima jetre i telesnim mišićima šarana (Hazel and Prosser , 1974 ; Farkas et al. , 1980) . Snižanjem temperature vode značajno opada količina palmitinske ( 16 : 0 ) i palmitooleinske ( 16 : 1 $\omega$  - 7 ) , a povećava se



količina stearinske ( 18 : 0 ) masne kiseline . Isto tako , padom temperature vode značajno se povećava nivo  $\omega$  - 3 masnih kiselina posebno eikosapentaenske ( EPA - 20 : 5 $\omega$  - 3 ) i dokosaheksaensku ( DHA - 22 : 6 $\omega$  - 3 ) . Stoga je razumljivo što ribe severnih mora ( *Clupea harengus* , *Rhinochimaera atlantica* , *Salmo salar* i druge ) sadrže povećanu količinu omega - 3 masnih kiselina ( Sigurgisladottir and Palmadottir , 1993 ) . Od naših toplovodnih riba , najviši udeo omega - 3 masnih kiselina nalazi se u mišićnom tkivu belog glavaša ( Farkas and Csengeri, 1990 ; Ćirković et al. , 2011) . Visoka koncentracija omega - 3 masnih kiselina kod tolstolobika je posledica načina ishrane , a ne temperature vode . Sposobnost riba na prilagođavanje niskim temperaturama u pozitivnoj je korelaciji sa količinom nezasićenih masnih kiselina omega - 3 reda . Isto tako , toplovodne ribe brzo adaptiraju metabolizam masnih kiselina postojećoj temperaturi vode ( Farkas i sar. , 1980 ) .

Matoničkin - Kepčija, (2006) navodi, da temperatura vode ima veliki uticaj na količinu i raznolikost života u njoj pa je merenje temperature značajno za pravilno razumevanje promene temperature vode tokom godine. U umerenom pojasu, temperatura vode ima karakterističan sezonski karakter i time utiče na životnu zajednicu voda . Reke i jezera siromašna su biljnim životom tokom zime , dok u proleće i leto ožive . Razlog tome je , što se temperatura vode poveća i voda sa dna bogata hranljivim materijama se meša sa površinskom vodom. Takav mehanizam mešanja postoji i tokom jeseni u nekim jezerima. Metabolizam živih organizama se takođe povećava sa povećanjem temperature , a pokreću se i mehanizmi rasta i razmnožavanja flore i faune . Proleće je stoga povezano sa naglim porastom broja vodenih životinja i biljaka . Plitka jezera kakvo je Grabovo nemaju takav ciklus , jer je mešanje vode prisutno tokom cele godine . Topla voda može biti opasna za osetljive vrste riba ( pastrmka, losos ) koje zahtevaju hladne i kiseonikom bogate vode .

Upoređujući temperature vode koje su pogodne za tov riba s temperaturama vode koje su izmerene tokom naših istraživanja sa autorima koji navode značaj temperature vode za metabolizam riba, uočava se, da su se temperature vode menjale u poželjnim vrednostima.

### **5.1.2. Prozirnost vode**

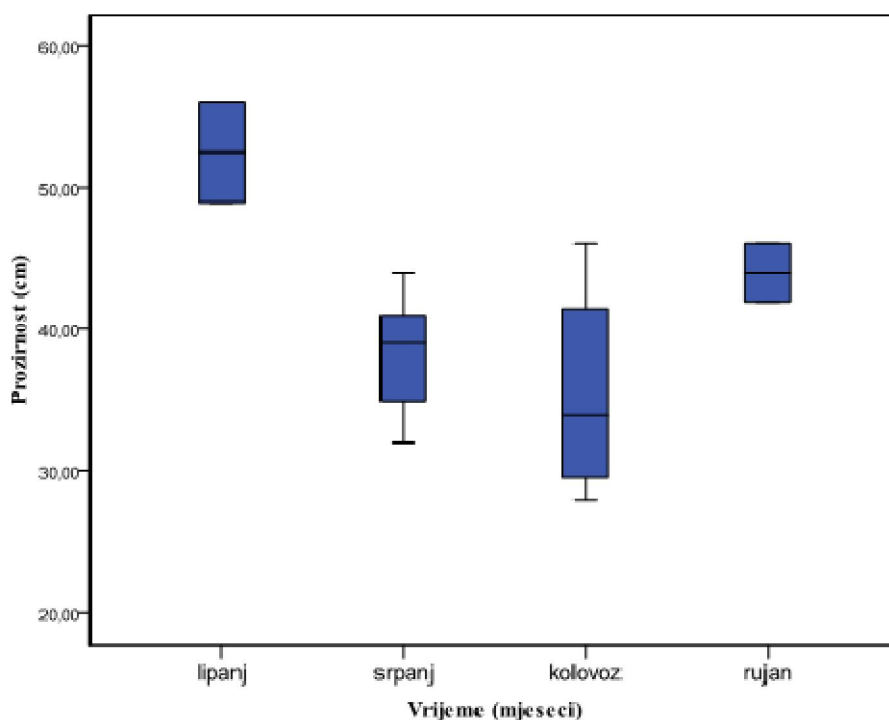
Tokom trajanja eksperimenta (jun - septembar) srednja providnost vode bila je najveća početkom pokusa i iznosila je 52,5 cm (interkvartilnog raspona 36,8-42 cm) , u rasponu od 49 cm do 56 cm , a najniža srednja providnost 34 cm ( interkvartilnog raspona 28,8-43,8 ) bila je u avgustu , kad je raspon bio od najmanje 28 cm do najviše 46 cm .

**Tabela 19. Prozirnost vode prema mesecima**

Meseci	Prozirnost vode (cm)		
	Medijana (interkvartilni raspon)	Minimum / maksimum	p*
Juni	52,5 (36,8 – 42)	49 – 56	0,084
Juli	39 (33,5 – 42,5)	32 – 44	
Avgust	34 (28,8 – 43,8)	28 – 46	
Septembar	44 (31,5 – 45,9)	42 - 46	

\*Kruskal Wallis test

Prozirnost vode pokazuje mogućnost prolaza sunčevih zraka kroz vodu. Svetlo je bitno za rast zelenih biljaka . U moru iu jezerima dubina do koje prodire svetlost nam pokazuje dubinu produktivnog ( trofogenog ) sloja . Prozirnost vode se smanjuje što je veća količina suspendovanih materija u vodi , algi i što je jača obojenost vode koja može da potiče od bakterija , rastvorenih materija , algi i od raspadajuće organske materije . Svetlost će dublje prodirati u mirnoj , nego u turbulentnoj vodi . Većina prirodnih voda ima providnost od 1 do nekoliko metara . Vrednosti ispod 1 m označavaju visoko produktivne vode ( Matoničkin - Kepčija , 2006). Prema navedenim kriterijumima voda jezera Grabovo spada u grupu visokoproduktivnih voda jer je providnost varirala od 28 cm u avgustu do 56 cm u junu (Tabela 19.).



### **Slika 11. Srednja prozirnost vode ( cm ) prema mesecima ( s interkvartilnim rasponom )**

Prozirnost vode rezultat je jednog ili više faktora zajedno . Tucker, ( 1985) i Matoničkin - Kepčija ( 2006) navode , da na providnost vode najviše utiče razvoj fitoplanktona i količina različitih suspendovanih čestica . Razvoj fitoplanktona je posledica nedovoljno iskorišćene hrane , odnosno visokih hranljivih koeficijenata i fecesa . Tako nastala smanjena providnost vode nije štetna za ribe i druge hidrobionte u akumulaciji , jezeru i ribnjaku . Poznato je da stajaće vode ( jezera , hidroakumulacije i ribnjaci ) naseljava jedno ili više vrsta algi . Identifikovanje se obavlja vizuelno ili uz pomoć različitih optičkih pomagala . Uglavnom , u većini stajaćih voda u određenom vremenskom periodu dominira jedna ili dve vrste algi (Mitterstiller , 1986 i Hejný , 2000).

Neki obojenje i cvetanje vode svrstavaju pod isti pojam , mada su to dve različite pojave . Razmnožavanjem jednoćelijskih zelenih algi , voda poprima boju tipičnu za boju algi . Navedena pojava se prema Lellaku and Kubičeku, ( 1991) naziva obojenje vode.

Korišćenjem hranljivih materija iz vode , alge sve više osiromašuju vodu , što rezultira uginućem algi koje se podižu na površinu. Ta pojava se prema Matoničkin and Pavletić, ( 1972) , Adamek et al., ( 1995) i Asaj, ( 2004) naziva cvetanje vode. Na uginule alge kolonizuju se primarni razgrađivači (bakterije), koje premnožavanjem uzrokuju smanjenje kiseonika . Prva nuspojava je nastanak sluzave naslage na uginulim algama koje sprečavaju prodiranje svetlosti u dublje slojeve vode . Na taj način dolazi do otežanih uslova za život algi u dubljim slojevima vode. Bez svetlosti i fotosinteze nema ni produkcije kiseonika. Smanjivanjem svetlosti dolazi do masovnog uginuća algi u dubljim slojevima vode. Uginule alge se dižu na površinu vode ili , ako se voda tretira krečom padaju na dno uz nastanak štetnih gasova . Organske materije koje utiču na smanjenje prozirnosti vode mogu poticati kako je navedeno , od izumrlih algi i drugog akvatičnog bilja i zemlje sa nasipa ribnjaka ili obala jezera prilikom jakih kiša i olujnih vetrova . Kako je već navedeno , slabo prozirne vode nisu škodljive za ribe. Međutim, takve vode imaju tendenciju zakiseljavanja . Prozirnost vode se poboljšava tretiranjem ribnjaka ili otvorenih voda kamenim brašnom ili negaseni krečom. U tako tretiranim vodama smanjuje se kiselost, a redukuje se koncentracija truležnih supstanci (Tucker, 1985 ).

Zamućenost i slaba providnost vode suspendovanim česticama je uobičajena pojava prilikom erozije obala jezera i nasipa ribnjaka . Čak male zemljane površine nasipa prilikom jakih kiša mogu izazvati ozbiljne probleme prozirnosti. Stoga, Boyd, (1979) naglašava da nasipe i komunikacione puteve oko ribnjaka treba zatravniti . Jaki vetrovi uzrokuju dodatno delovanje talasa koji podrivaju nasipe i u ribnjak dolaze čestice zemljišta, koje vrlo štetno deluju na

larve riba. Primena snažnih aeratora u ribnjacima može pokrenuti jaka vodena strujanja , koja su dovoljna da suspenduju čestice zemljišta . Suspendovane čestice zemljišta čak iu velikim koncentracijama retko su direktno štetne za ribe , ali obilje suspendovanih čestica tla može ograničiti prolaz svetla i smanjiti fotosintezu fitoplanktona , što rezultira hronično niskim koncentracijama rastvorenog kiseonika .

Zamućenost, nastalu od suspendovanih čestica tla se može smanjiti praktičnom kontrolom erozije . U tu svrhu se primenjuje zasejavanje trava uz ribnjake i jezera , a bentove temeljno nasuti odgovarajućim šljunkom. Delovanje talasa se može ublažiti zasađivanjem vetro-zaštitnih barijera oko ribnjaka. Uprkos provođenju zaštite , neki ribnjaci se zamućuju česticama tla za vreme zime i proleća, kada su vetrovi vrlo jaki , a padavine obilne.

Na osnovu literaturnih podataka ( Boyd , 1979 , i Tucker , 1985 ) i naših istraživanja koja su sprovedena jun-septembar 2009. godine vidljivo je, da je prozirnost vode bila u povoljnim vrednostima za uzgoj toplovodnih riba, a voda jezera Grabovo svrstava se u produktivne vode .

### **5.1.3 . Koncentracija rastvorenog kiseonika**

Merenja koncentracije rastvorenog kiseonika vršena su svakodnevno u 7, 14 i 19 časova. Statistički najviša koncentracija rastvorenog kiseonika merena u 7 časova je bila u septembru i iznosila je 5,2 mg / l ( interkvartilni raspon 4,1-5,8 mg / l ) ( Kruskal Vallis test ,  $p < 0,001$  ) .

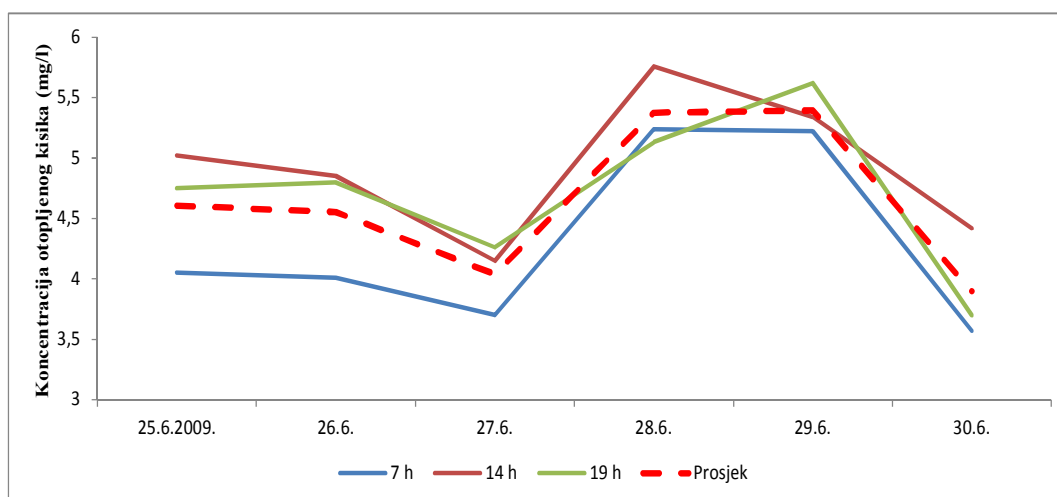
Koncentracije merene u 14 časova bile su statistički najniže u avgustu 4,6 mg / l ( interkvartilnog raspona 4,3-4,8 mg / l ) ( Kruskal Valis test ,  $p = 0,001$  ) , kao i koncentracije merene u 19 časova kojima je srednja vrednost u avgustu iznosila 4,2 mg / l ( interkvartilnog raspona 3,9-4,5 mg / l ) ( Kruskal Vallis test ,  $p < 0,001$  ) .

Najniža koncentracija rastvorenog kiseonika zabeležena je početkom avgusta i iznosila je 3,14 mg / l , a najviša je zabeležena , početkom septembra i iznosila je 7,4 mg / l ( Tabela 20 , Slika 12 , Slika 13 , Slika 14 i Slika 15 ) .

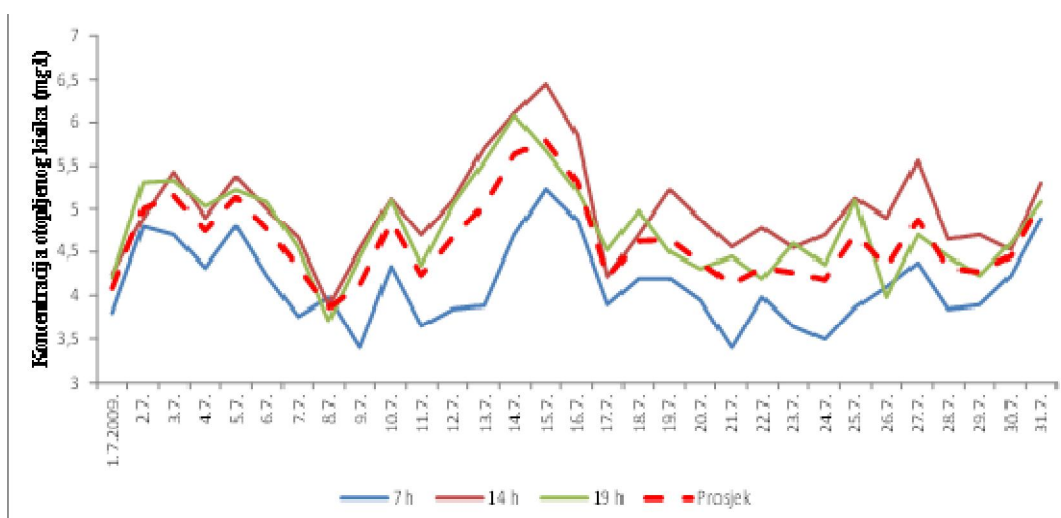
**Tabela 20. Koncentracija rastvorenog kiseonika ( mg / l ) prema merenju i mesecima**

Mesec	Medijana (interkvartilni raspon) koncentracije rastvorenog kiseonika (mg/l)							
	u 7 h	p*	u 14 h	p*	u 19 h	p*	Ukupno	p*
Jun	4,03 (3,7–5,2)	<0,001	4,9 (4,3–5,4)	0,001	4,8 (4,1–5,3)	<0,001	4,6 (4–5,4)	<0,001
Jul	3,9 (3,9–4,4)		4,9 (4,7–5,3)		4,6 (4,4–5,1)		4,6 (4,3–5)	
Avgust	3,7 (3,5–3,9)		4,6 (4,3–4,8)		4,2 (3,9–4,5)		4,1 (3,9–4,5)	
Septem bar	5,2 (4,1–5,8)		6,4 (4,7–7,1)		6,1 (4,4–6,8)		6,0 (4,56,5)	

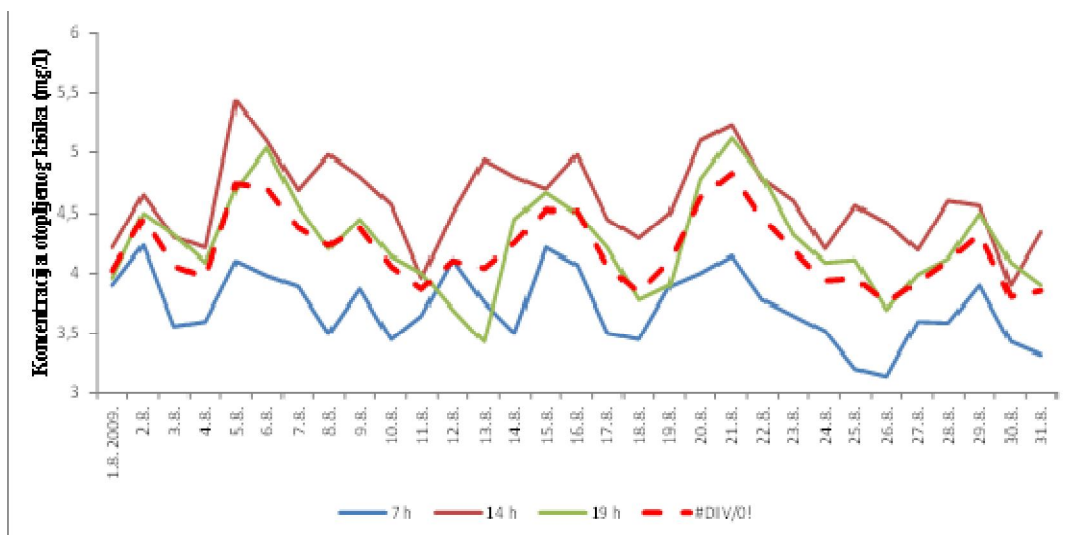
\*Kruskal Wallis test



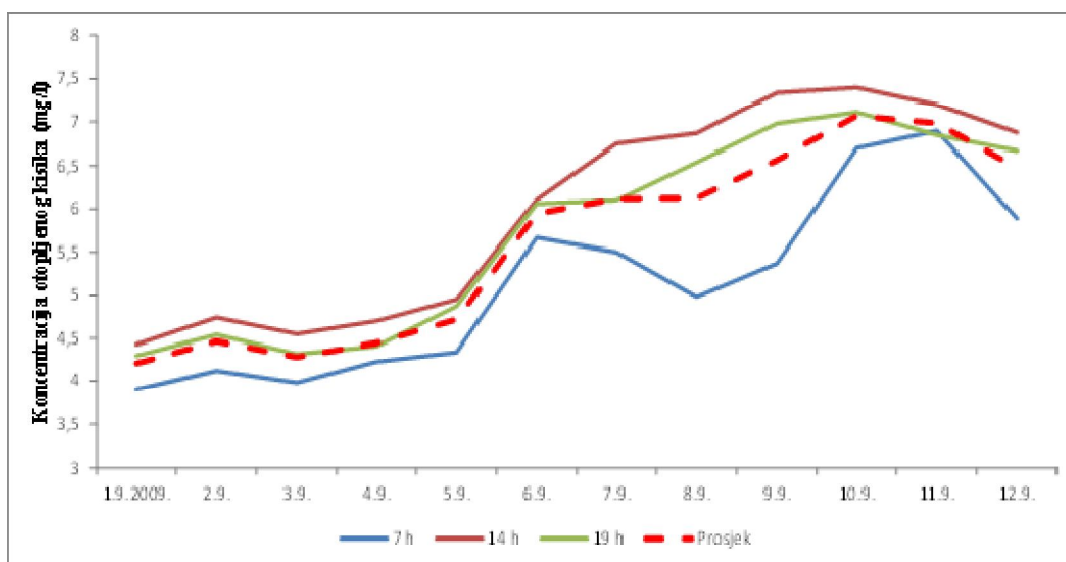
**Slika 12. Izmerene vrednosti koncentracije rastvorenog kiseonika ( mg / l ) tokom juna**



**Slika 13. Izmerene vrednosti koncentracije rastvorenog kiseonika ( mg / l ) tokom jula**



Slika 14. Izmerene vrednosti koncentracije rastvorenog kiseonika (mg / l) tokom avgusta



Slika 15. Izmerene vrednosti koncentracije rastvorenog kiseonika (mg / l) tokom septembra

Na osnovi ranijih istraživanja utvrđeno je , da su koncentracije kiseonika i pored preduzetih mera aeracije bile na granici niskih vrednosti .

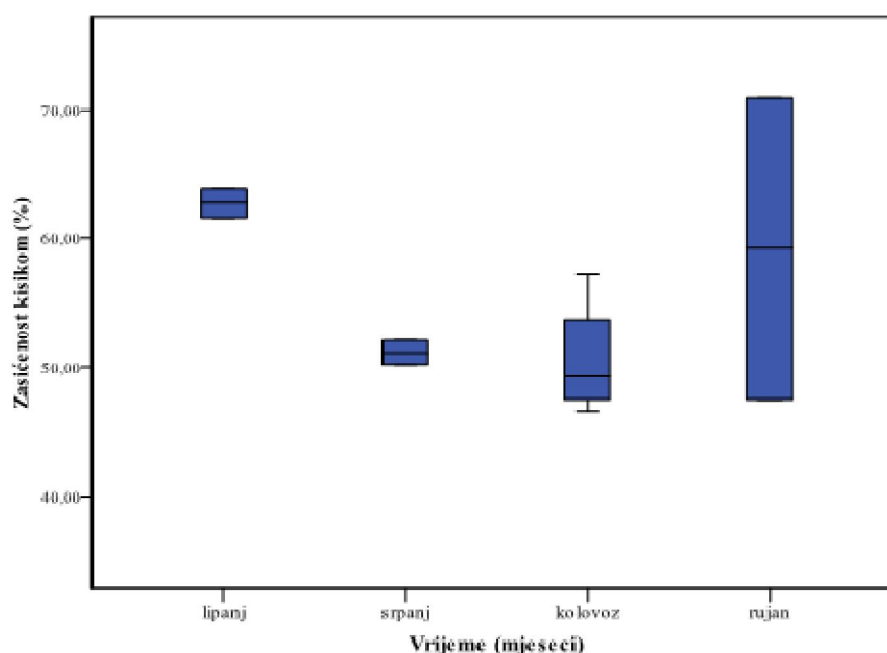
Koncentraciju rastvorenog kiseonika pratile su i vrednosti zasićenosti kiseonikom koje su se kretale od 38,3% u julu , do 70,9% u septembru .

Iako razlike u zasićenosti kiseonikom postoje , nisu statistički značajne (Tabela 21. i Slika 16.) .

**Tabela 21. Srednje vrednosti zasićenosti kiseonikom prema mesecima**

Mesec	Zasićenost kiseonikom (%)		
	Medijana (interkvartilni raspon)	Minimum / maksimum	p*
Jun	62,8 (46,2 – 47,9)	46 – 63,9	<b>0,438</b>
Jul	51,1 (44,3 – 60,9)	38,3 – 69,9	
Avgust	49,3 (47,1 – 55,5)	46,6 – 57,2	
Septembar	59,2 (35,6 – 64,6)	47,5- 70,9	

\*Kruskal Wallis test



**Slika 16. Srednje vrednosti zasićenja kiseonikom ( % ) prema mesecima ( medijana , interkvartilni raspon , minimum i maksimum )**

Rastvoreni kiseonik je masa molekula kiseonika rastvorenih u zapremini vode . Kiseonik u vodu ulazi iz atmosfere, a nastaje i procesom fotosinteze vodenih algi i viših biljaka . Pri normalnim uslovima , u vodi se nalazi 25 puta manje kiseonika nego u atmosferi. Rastvorljivost kiseonika u vodi vezana je za temperaturu. Više kiseonika rastvoriće se u hladnoj vodi , nego u toploj ( npr . kod 25 °C rastvorljivost kiseonika u vodi je  $8,3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  , a kod 4 °C rastvorljivost je  $13,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  ) .

Zasićenost kiseonikom je relativna mera koja nam pokazuje procenat kiseonika rastvorenog u vodi u odnosu na normalnu rastvorljivost pri određenoj temperaturi. Rastvorljivost kiseonika zavisi od pritiska vazduha i saliniteta ; više kiseonika rastvoriće se u vodi u uslovima višeg pritiska , a veći salinitet smanjuje rastvorljivost kiseonika u vodi . U brzim i turbulentnim

vodama rastvara se više kiseonika. Veća količina fotosintetskih organizama, takođe povećava količinu rastvorenog kiseonika.

Koncentracija rastvorenog kiseonika je uz temperaturu vode vrlo važan abiotički faktor koji direktno utiče na život riba. Dnevna fluktuacija kiseonika varira od niskih vrednosti u ranim jutarnjim, do visokih vrednosti u ranim večernjim satima. Kiseonik se u vodi rastvara prema Henri - evom zakonu, a zavisi od temperature vode, broju i starosti riba i ishrani. Potrebe mladunaca šarana za kiseonikom su 7 do 8 mg · l<sup>-1</sup>. Pri koncentracijama 3 do 4 mg · l<sup>-1</sup> opada intenzitet uzimanja hrane, a rast je usporen. Pad koncentracije kiseonika ispod navedenih vrednosti zahteva prestanak hranjenja (Hamačkova et al., 1992).

Optimalna koncentracija rastvorenog kiseonika u vodi rezultira povećanjem intenziteta izmene materije u riba. Suprotno, do smanjenja intenziteta izmene materije dolazi u riba koje žive u vodi sa opadajućom koncentracijom kiseonika. Neki autori misle (Tucker, 1985; Steffens, 1985; Boyd et al., 1998), da smanjenje potrošnje kiseonika pri nižim koncentracijama ne znači da je došlo do smanjenja intenziteta izmene materije, nego do ograničene aktivnosti ribe. S obzirom na bazalnu razmenu materija, postoji šire područje u kojem potrošnja kiseonika ne zavisi isključivo od koncentracije u vodi. Pre područja rezistentnosti, riba pokušava povećanjem intenziteta disanja zadovoljiti potrebe za kiseonikom. Ubrzanje izmene gasova moguće je povećanjem osnovnih disajnih pokreta (amplituda ventilacije) te povećanjem broja osnovnih pokreta disanja (frekvencija disanja). Početak područja rezistentnosti, odnosno kraj područja tolerantnosti, je veoma različit kod različitih vrsta riba te zavisi o nivou sadržaja kiseonika na koju su ribe prethodno bile naviknute. Prilagođavanje na viši sadržaj kiseonika uslovljava i više letalne vrednosti.

Prema istraživanjima Itazawa, (1970), sadržaj kiseonika u arterijskoj krvi povećava se kod šarana sa porastom parcijalnog pritiska okolišnog medija te poprima pri 80, odnosno 100 mm Hg, konstantnu vrednost koja iznosi 8 do 11 % vol. Iz toga proizlazi kako je iskorišćenost kiseonika kod riba iznad 80%, dok je kod sisara između 24% i 34%. Stres uzrokovan akutnim manjkom kiseonika, očigledno dovodi do pojačanog izlučivanja različitih jona putem mokraće. Kod potočne pastrmke je neposredno nakon hipoksije, uz povećano lučenje mokraće zabeležena i veća koncentracija mlečne kiseline te jona Na, K, Mg i Cl i neorganskog fosfora u mokraći (Hunn, 1969). Ova pojava mogla bi biti povezana sa povećanom distribucijom glukokortikoida te se možda može nadoknaditi unosom ovih jona putem škrge. Pored navedenog, usled povećanog lučenja mokraće dolazi i do hemokoncentracija (Swift i Lloyd, 1974). Slične pojave povećanja lučenja mokraće nakon hipoksije kod šarana nije utvrđena. Nedostatak kiseonika uz bolesti, najčešći je uzrok



uginuća riba u ribnjacima . Do uginuća dolazi najčešće u letnjim mesecima kada su visoke temperature vode i oblačni dani . Međutim , do nedostatka kiseonika može doći u celom uzgojnom periodu . Tokom vrućih letnjih meseci najbolje je voditi računa o vremenskim prilikama i često kontrolisati uzgajalište .

Za vreme uzgojnog perioda koje je u našim istraživanjima trajalo juni-septembar , koncentracijom kiseonika je merena svakog dana ujutro , u podnevnim satima i uveče . Osim svakodnevnih merenja količine rastvorenog kiseonika , praćeno je i ponašanje riba . Prilikom nestašice kiseonika ribe su plivale blizu površine vode i vrlo slabo su uzimale ponuđenu hranu . Znak smanjene koncentracije kiseonika u jezeru očitovao se promenom boje vode .

U našim istraživanjima , kiseonik je u ranim jutarnjim satima ( 5 do 7 sati ) dostizao najniže vrednosti . Stoga su gotovo svakog jutra tokom meseca srpnja iu prvoj polovini avgusta , uključivani kompresori za uduvanje vazduha koji su radili do 9 do 10 sati , a ponekad i po ceo dan . Potrebno je navesti i to , da se pojavom niskih koncentracija kiseonika ribe nalaze pod teškim stresom . Ukoliko i prežive , one znatno oslabe i podložne su bolestima . Kad se ponovo vrata u normalno stanje i počmu uzimati hranu , najbolje ih je , ako je to moguće , hraniti proteinski vrednijom hranom i to u narednih 7 do 10 dana . Na taj način organizam ojača , a sprečava se pojava i razvoj bolesti . Takvih mogućnosti u našim istraživanjima nije bilo , nego je uprkos niskim koncentracijama kiseonika korišćena ista hrana od početka do kraja istraživanja .

Za vreme niskih koncentracija kiseonika , riba je hranjena restriktivno manjim porcijama hrane . Znakovi predoziranja hrane koja je primećene više puta , očitovala se ostatkom nepojedenih peleta na dnu kaveza i plutanju čestica hrane na površini vode u zoni kaveza . Kada je uočeno predoziranje hrane i pad koncentracije kiseonika , smanjeni su dnevni obroci za 25 do 30% .

Prema našim istraživanjima utvrđeno je , da šaran u kaveznim uslovima gajenja prestaje uzimati hranu kada su koncentracije kiseonika bile oko  $2,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  . Prva pojedinačna ugibanja utvrđena su kada je koncentracija kiseonika iznosila  $0,9 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  . Tokom istraživanja , samo u mesecu septembru , koncentracije rastvorenog kiseonika imale su poželjne vrednosti , au svim ostalim mesecima kretale su se u dozvoljenim vrednostima za uzgoj ciprinidnih riba . U trećoj dekadi jula i prvoj dekadi avgusta , zabeležene su dve depresije kiseonika . Mišljenja smo , da je nestašica kiseonika nastupila used odumiranja algi i visokih temperatura vode . U tim periodima intervenisali smo celodnevnim uključanjem aeratora . Dobri proizvodni rezultati ( prirast i ishrane koeficijent ) utvrđeni su pri temperaturi vode 25 do 26°C i dnevnoj koncentraciji kiseonika oko  $7 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  .

Bogut, (1995) je višekratnim merenjem koncentracija kiseonika u noćnim satima (20h, 24h, 3h i 6h) utvrdio , da se nakon merenja u 20 i 24 časova sa velikom verovatnoćom može odrediti koncentracija kiseonika u ranim jutarnjim satima , odnosno noćna potrošnja kiseonika . Izračunati koeficijenti korelacije upućuju na jaku međusobnu povezanost koncentracija kiseonika , dnevnih obroka hrane i prozirnosti vode .

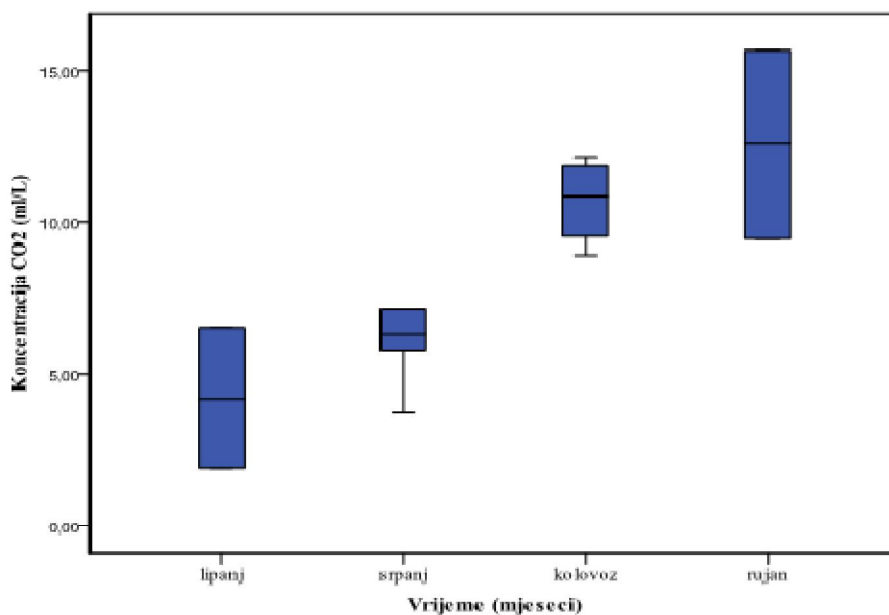
#### 5.1.4 . Koncentracija ugljen – dioksida

Koncentracije CO<sub>2</sub> varirale su od 1,90 mg·l<sup>-1</sup>u podnevnim satima na početku eksperimenta , do 15,7 mg·l<sup>-1</sup>pri kraju istraživanja . Statistički značajno najveća koncentracija CO<sub>2</sub> bila je u septembru i iznosila je 12,6 mg·l<sup>-1</sup> ( interkvartilnog raspona 7,1-23,1 ), (Kruskal Wallis test, p = 0,049 ), ( Tabela 22. , Slika 17. ) .

**Tabela 22. Koncentracija ugljen -dioksida prema mesecima**

Mesec	Koncentracija CO <sub>2</sub> (mg·l <sup>-1</sup> )		
	Medijana (interkvartilni raspon)	Minimum / maksimum	p*
Jun	4,2 (1,4 – 4,9)	1,9 – 6,5	0,049
Jul	6,3 (4,8 – 8,7)	3,8 – 10,1	
Avgust	10,9 (9,2 – 12,1)	8,9 – 12,2	
Septembar	12,6 (7,1 – 23,1)	9,45 – 15,7	

\*Kruskal Wallis test



**Slika 17. Medijana i interkvartilni raspon koncentracije ugljen -dioksida prema mesecima ( medijana , interkvartilni raspon , minimum i maksimum )**

U većem delu istraživanih perioda , koncentracije CO<sub>2</sub> bile su na nivou poželjnih vrednosti za uzgoj toplovodnih riba . Tokom jula , avgusta i septembra koncentracije CO<sub>2</sub> su bile promenljive , a varirale su od 3,8 mg · l<sup>-1</sup> do 15,7 mg · l<sup>-1</sup> , u zavisnosti od količine dnevnog obroka i temperaturi vode .

Mnogi autori su dokazali ( Hansell and Boyd, 1980; Stević, 1982; Hamačkova et al. , 1993 ; Stević et al., 1993) , i našim istraživanjima je potvrđeno da su koncentracije CO<sub>2</sub> visoke kada su koncentracije kiseonika u vodi granično niske .

Poznato je da CO<sub>2</sub> u ribnjacima nastaje procesima disanja riba i zooplanktonskih životinja , otapanjem iz atmosfere i mikrobiološkom razgradnjom organskih materija , a troši se procesima fotosinteze . Stoga se dnevna fluktuacija CO<sub>2</sub> menja , od visokih vrednosti u jutarnjim satima do vrlo niskih u popodnevnim satima .

Ugljen dioksid naspram kiseonika deluje antagonistički . Mehanizam delovanja se svodi na smanjenje sposobnosti hemoglobina iz eritrocita da vežu kiseonik , kada su CO<sub>2</sub> koncentracije visoke . Kada su koncentracije kiseonika blizu donjeg fiziološkog minimuma , riba može preživeti , ali i uginuti ukoliko su koncentracije CO<sub>2</sub> visoke ( Stević, 1982 ) .

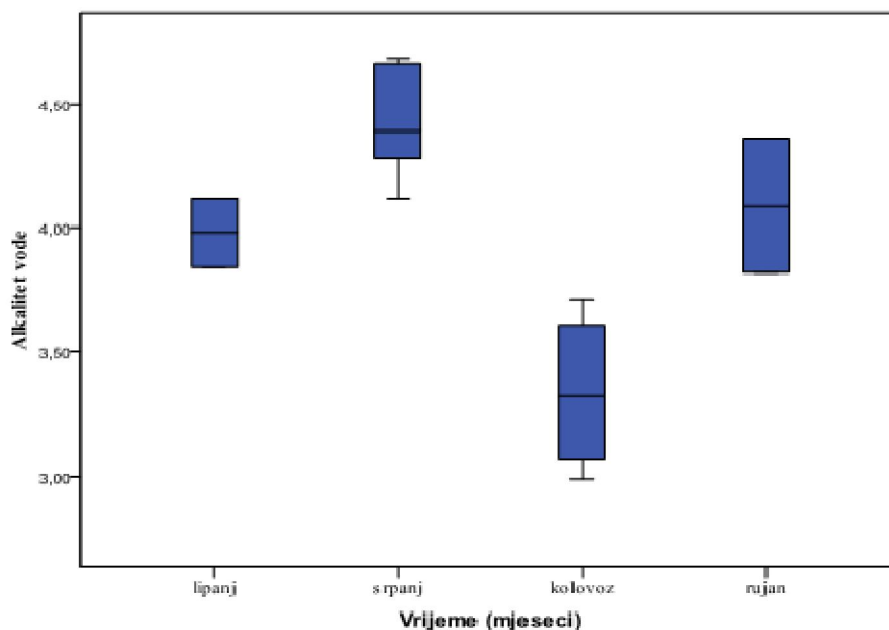
### 5.1.5. Alkalitet vode

Vrednosti alkaliteta vode za vreme trajanja eksperimenta (jun - septembar) bile su prilično ujednačene, a menjale su se od  $2,9 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  do  $4,7 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Značajno najniža vrednost alkaliteta vode u jezeru Grabovo bila je polovinom avgusta, dok je najviša vrednost bila pri kraju prve dekade jula (Kruskal Wallis test,  $p = 0,024$ ). Iz podataka u Tabeli 23 i Slici 18 vidljivo je da su vrednosti alkaliteta bile ujednačene, ali van poželjnih vrednosti za uzgoj toplovodnih vrsta riba ( $1,8-2,0$ ).

**Tabela 23. Alkalitet vode prema mesecima**

Mesec	Alkalitet vode		
	Medijana (interkvartilni raspon)	Minimum / maksimum	p*
Jun	3,98 (2,9 – 3,1)	3,8 – 4,12	<b>0,024</b>
Jul	4,4 (4,2 – 4,7)	4,1 – 4,7	
Avgust	3,3 (3,1 – 3,7)	2,9 – 3,7	
Septembar	4,1 (2,9 – 4,6)	3,8 – 4,4	

\*Kruskal Wallis test



**Slika 18. Medijana i interkvartilni raspon alkaliteta vode prema mesecima (medijana, interkvartilni raspon, minimum i maksimum)**

Alkalitet je mera puferske sposobnosti vode , tj . sposobnosti vode da neutrališe dodatu kiselinu . Kiseline dolaze u vodu kišnicom ili snegom i ređe kroz tlo . Alkalitet nastaje kada voda otapa supstrat koji sadrže kalcijum karbonat . Ukoliko jezero ili reka imaju nizak alkalitet , veliki utrošak kiseline ( npr . snažne i dugotrajne padavine ) može privremeno potrošiti sav alkalitet i dovesti do pada pH vode. Alkalitet predstavlja sposobnost vode da neutrališe kiselinu, a čine ga hidroksidi , karbonati i bikarbonati alkalnih i zemnoalkalnih metala , uglavnom kalcijuma , magnezijuma , natrijuma i kalijuma . U vrednost alkaliteta mogu ulaziti i prisutni borati , fosfati i silikati. Alkalnost vode je važna za ribe i ostale akvatične organizme , jer alkalitet održava pH u granicama sprečavajući njegove nagle promene . Vode akumulacija i ribnjaka sa visokom vrednošću alkaliteta će neutralisati kisele kiše i druge kisele otpadke i na taj način sprečiti kolebanje pH vrednosti , koje bi mogle biti letalne za ribe i druge akvatične organizme .

### 5.1.6. pH vode

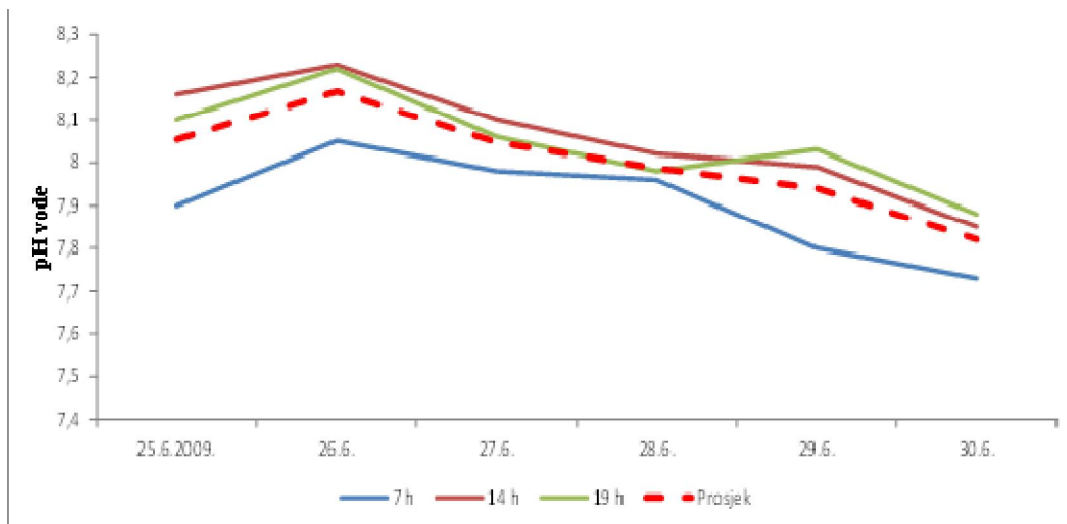
Najviša pH vrednost vode u jezeru Grabovo merena od juna do septembra iznosila je 8,54 , a izmerena je početkom treće dekade jula. Najniža vrednost pH iznosila je 7,7 i izmerena je krajem istraživanja (9. septembra) ( Tabela 24 , Slika 19 , Slika 20 , Slika 21 i Slika 22 ) .

Srednja pH vrednost vode u jezeru Grabovo merena od 17.juna do 9. septembra iznosila je 8,15 ( interkvartilnog raspona 7,89-8,33 ) . Vrednosti pH bile su niže u jutarnjim satima od onih izmerenih u 14 i 19 h ( prilog ) . U svim vremenima merenja postoji statistički značajna razlika prema mesecima ( Kruskal Vallis test ,  $p < 0,001$  ) .

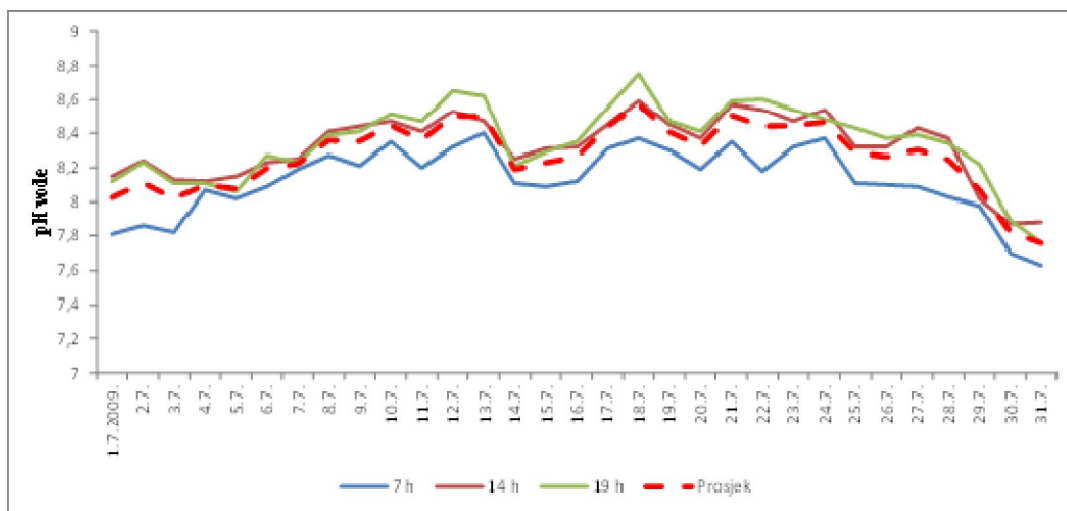
**Tabela 24. Srednja pH vrijednost prema vremenu mjerenja i mjesecima**

Mesec	Medijana (interkvartilni raspon) pH vrednosti							
	u 7 h	p*	u 14 h	p*	u 19 h	p*	Ukupno	p*
Jun	7,9 (7,8 – 7,9)	<b>&lt;0,001</b>	8,1 (7,9 – 8,2)	<b>&lt;0,001</b>	8,0 (7,9 – 8,1)	<b>&lt;0,001</b>	8,0 (7,9 – 8,1)	<b>&lt;0,001</b>
Jul	8,1 (8,0 – 8,3)		8,4 (8,2 – 8,5)		8,4 (8,2 – 8,5)		8,3 (8,1 – 8,4)	
Avgust	7,7 (7,6 – 7,9)		7,9 (7,9 – 8,1)		7,9 (7,9 – 8,1)		7,8 (7,8 – 7,9)	
Septem bar	7,5 (7,4 – 7,8)		7,8 (7,7 – 7,9)		7,8 (7,6 – 7,9)		7,7 (7,6 – 7,8)	

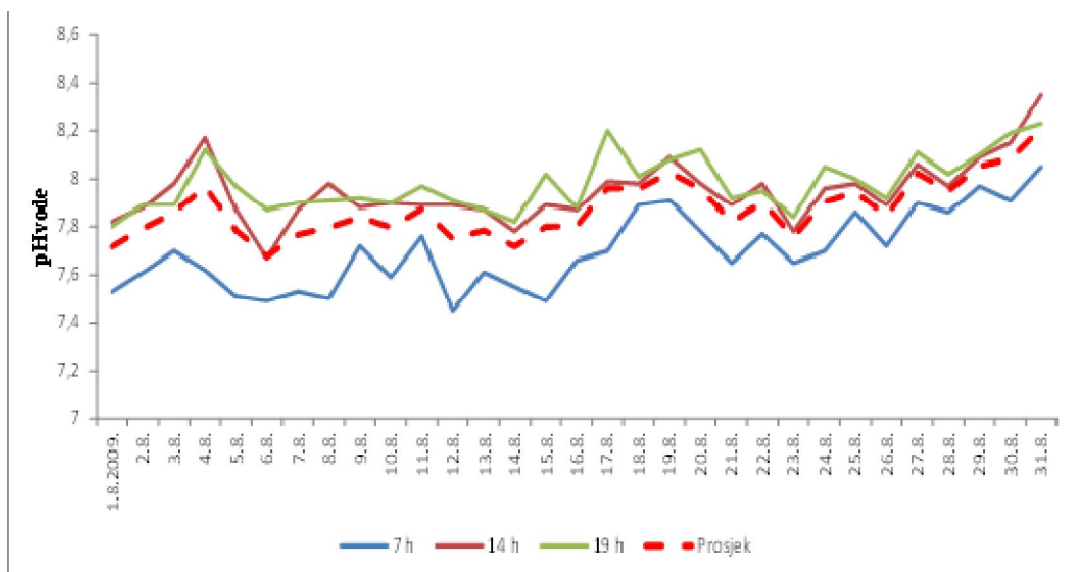
\*Kruskal Wallis test



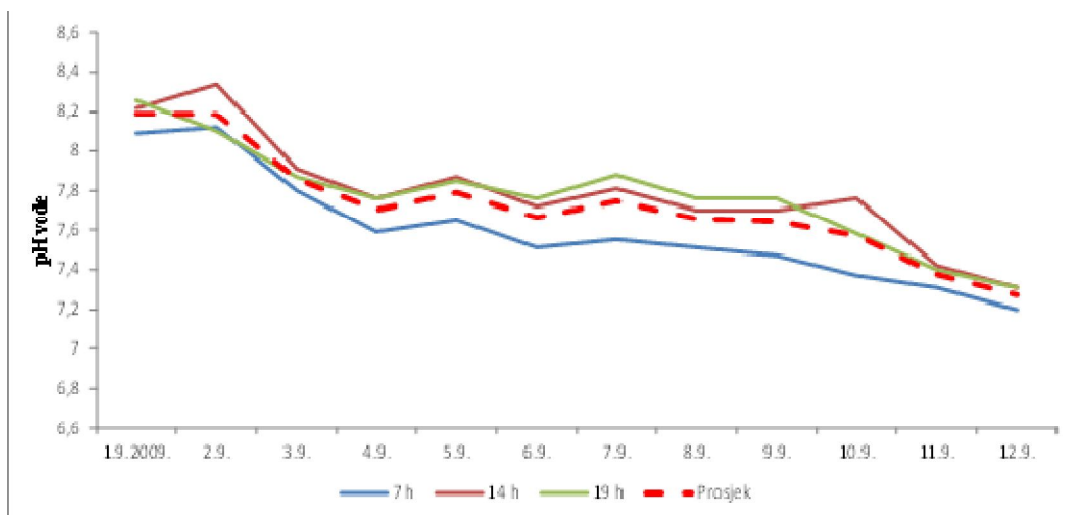
Slika 19. Kretanje pH vrednosti vode u junu



Slika 20. Kretanje pH vrednosti vode u julu



**Slika 21. Kretanje pH vrednosti vode u avgustu**



**Slika 22. Kretanje pH vrednosti vode u septembru**

Koncentracija vodonikovih jona izražena kao pH vrednost, u ribnjačkim vodama oscilira zavisno o koncentraciji  $\text{CO}_2$ . Za vreme dnevne svetlosti,  $\text{CO}_2$  se troši u procesima fotosinteze te uzrokuje sniženje pH vrednosti vode. Noću, procesima respiracije riba i planktonskih zajednica povećava se koncentracija  $\text{CO}_2$ , a pH poprima alkalni karakter. Hemijski gledano, promene pH vrednosti rezultat su promena u ravnoteži  $\text{CO}_2$  i alkaliteta (Boyd, 1982). U letnjem periodu, pH vrednosti vode podložne su dnevnim kolebanjima. Dnevne promene su u korelaciji sa razvojem fitoplanktona, odnosno potrošnjom  $\text{CO}_2$  u procesima disanja. Swingle, (1961), Steffens, (1985) i Bogut, (1995) navode, da s fiziološkog gledišta, u kiseloj reakciji

vode ribe slabije iskorišćavaju hranu, dok u previše alkalnoj sredini škržni epitel gubi sposobnost razmene gasova te je riba sklona stresu uz rizik pojave bolesti. Poželjna pH vrednost vode s obzirom na život riba, kreće se 7 do 8, dok su dozvoljene vrednosti znatno šire i kreću se od 6 do 9. Ugibanje riba izazivaju pH vrednosti niže od 5 i više od 9. Ukoliko je pH vrednost vode različita od optimalne vrednosti, takva voda ugrožava život riba i drugih organizama. Bazne vode su bolji proizvođači nego kisele osim, ako ne prelaze dozvoljene vrednosti. Za vreme naših istraživanja (od juna do septembra) pH vrednosti merene u 7, 14 i 19 časova nisu prelazile dozvoljene vrednosti. Najviše pH vrednosti utvrđene su u julu i iznosile su 8,5. Tokom naših istraživanja, pH vrednosti vode menjale su se u dozvoljenim granicama i iznosile su 7,8 do 8,6 (prilog 11-15), a bile su u jakoj pozitivnoj korelaciji sa ugljenik (IV) oksidom ( $P < 0,01$ ,  $r = 86$ ). Najviše vrednosti pH registrovane su pred kraj juna (8,60), kada su koncentracije kiseonika bile izrazito niske ( $0,9 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), a koncentracije  $\text{CO}_2$  visoke ( $15,90 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Upravo u to vreme zabeležena su prva uginuća šarana. Moguće je, da su uginuća bila podpomognuta i visokim pH vode.

### 5.1.6. Koncentracija amonijevih jona

Za vreme celog uzgojnog perioda, od polovine juna pa do kraja prve dekade septembra, koncentracije amonijevih jona bile su u dozvoljenim granicama za uzgoj ciprinidnih vrsta riba. Značajno najniže vrednosti amonijevih jona zabeležene su u mesecu septembru i iznosile su  $0,22 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  (Kruskal Wallis test,  $p = 0,028$ ), (Tabela 25 i Slika 23).

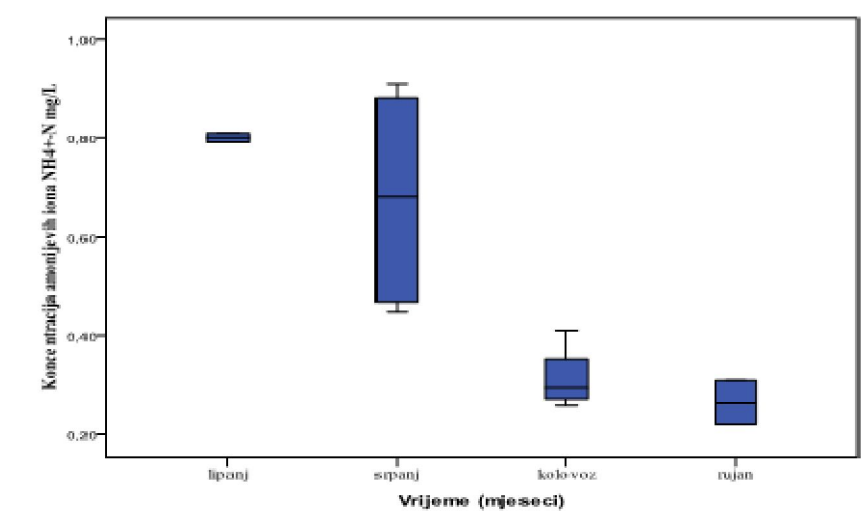
**Tabela 25. Srednja koncentracija amonijevih jona prema mesecima**

Mjesec	Koncentracija amonijevih jona $\text{NH}_4\text{-N} \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$		
	Medijan (interkvartilni raspon)	Minimum /maksimum	$p^*$
Jun	0,80 (0,59 – 0,61)	0,79 – 0,81	<b>0,028</b>
Jul	0,68 (0,46 – 0,89)	0,45 – 0,91	
Avgust	0,29 (0,26 – 0,38)	0,26 – 0,41	
Septembar	0,27 (0,17 – 0,35)	0,22 – 0,31	

\*Kruskal Wallis test



U drugoj polovini meseca jula izmerene su najviše vrednosti ( $0,91 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Na vrednosti amonijevih jona direktno utiče neiskorišćena hrana i smanjena koncentracija kiseonika, a u ravnoteži je sa nejonizujućim amonijakom.



**Slika 23. Koncentracija amonijačnih jona  $\text{NH}_4 - \text{N}$  ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) prema mesecima (medijana, interkvartilni raspon, minimum i maksimum)**

U vodama gde je pH vrednost visoka, amonijak se može transformisati u tzv. "slobodni amonijak" čija količina može dostići letalnu dozu i iznosi  $0,2 \text{ NH}_3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Količina amonijaka preko zime može biti čak i veća ( $0,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ), zbog viših koncentracija rastvorenog kiseonika. Porastom temperature vode, raste i količina amonijaka usled razgradnje organskih materija, ali i zbog lužnatosti vode. Do uginuća riba dolazi u letnjim mesecima za vreme "cvetanja" vode i istovremeno za vreme uginuća biljaka, odnosno razgradnje belančevina jer se na taj način oslobađa amonijak. Uginuće uzrokuje i nedostatak kiseonika, jer bakterije koje razgrađuju belančevine troše puno kiseonika kao i ostali mikroorganizmi koji se hrane bakterijama. Najveća opasnost ribama preči za vreme juna i jula ukoliko dođe do naglog porasta temperature. Trovanje amonijakom može se primetiti na ribama jer se ribe skupljaju na površini vode u toj meri, da im leđni deo tela viri van vode. Napredovanjem trovanja dolazi do "zevanja" riba, u daljoj fazi trovanja, ribe gube ravnotežu i javljaju se nekoordinirani pokreti. Sledeći karakter je vertikalno iskakanje riba iz vode, nakon čega nastupa period smirivanja. Poslednja faza trovanja je brzo plivanje ribe sa naglim menjanjem pravca, tzv. nekontrolisano menjanje pravca plivanja. Nedugo zatim dolazi do uginuća. Riba uginule zbog trovanja amonijakom, imaju podignute škržne poklopce i raširene žice na perajama sa otvorenim ustima, a boja tela postaje tamna. Iz praktičnih iskustava poznato je,

da su galebovi najbolji indikator trovanja amonijakom . Ukoliko dođe do trovanja , larve komaraca su takođe dobar pokazatelj jer izlaze na površinu vode .

Zagrevanjem vode dolazi do razmnožavanja algi . Njihovim razmnožavanjem smanjuje se količina azota u vodi , a posledično dolazi do delovanja bakterija . Usled amonifikacije iz mulja stalno pristiže novi amonijak.

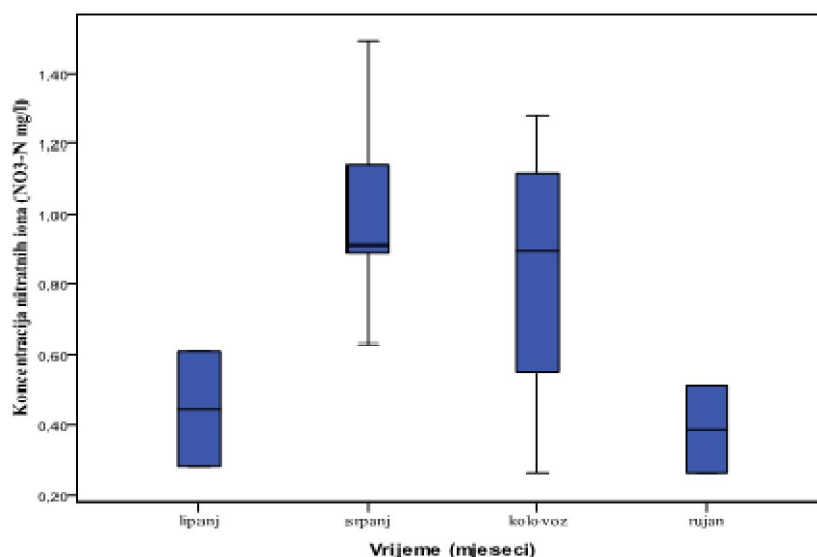
### 5.1.7. Koncentracija nitratnih jona

Iz podataka u Tabeli 26. i Slici 24. vidljivo je , da se koncentracija nitratnih jona postepeno povećavala od početka istraživanja kada je iznosila  $0,28 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  do  $1,49 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  pred kraj meseca jula , ali bez statističke značajnosti. Na povećanje koncentracije nitratnih jona direktno utiče količina obroka koji je, sa obzirom na temperaturu vode u tom periodu bio najviši. Uprkos dosta visokim vrednostima , koncentracije nitratnih jona nisu prelazile dozvoljene granice ( $2,0 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) za uzgoj ciprinidnih vrsta riba.

**Tabela 26. Srednja koncentracija nitratnih jona  $\text{NO}_3\text{-N}$  ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) prema mesecima**

Mesec	Koncentracija nitratnih iona ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )		
	Medijana (interkvartilni raspon)	Minimum /maksimum	p*
Jun	0,45 (0,21 – 0,46)	0,28 – 0,61	0,134
Jul	0,91 (0,76 – 1,32)	0,63 - 1,49	
Avgust	0,89 (0,41 – 1,19)	0,26 – 1,28	
Septembar	0,39 (0,19 – 0,50)	0,26 – 0,51	

\*Kruskal Wallis test



**Slika 24. Koncentracija nitratnih jona  $\text{NO}_3\text{-N}$  ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) prema mesecima (medijan, interkvartilni raspon, minimum i maksimum)**

Merenje količine nitrata je važan korak u određivanju kvaliteta vode. Azot je prisutan u vodi u više oblika, a najviše se pojavljuje u dva, kao nitrati ( $\text{NO}_3^-$ ) i nitriti ( $\text{NO}_2^-$ ). Nitrati su najvažniji, dok se nitriti u većim koncentracijama javljaju u subtoksičnim vodama (sa niskom koncentracijom kiseonika). Prirodne vode obično imaju manje od  $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{ N-NO}_3^-$ . Kod prevelikih koncentracija dolazi do promene mirisa i ukusa vode. Toksični efekti na riblji organizam u vodi, javljaju se tek na vrlo visokim koncentracijama ( $> 90 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1} \text{ N-NO}_3^-$ ).

Azot je, uz fosfor, najčešći limitirajući faktor za rast biljne komponente u vodi. Nitrati su povoljni za rast algi i drugih vodenih biljaka. Prirodni izvori povećanja koncentracije nitrata u vodi su kiša, sneg i raspad organske materije u zemljištu iu sedimentu. Primenom veštačkih đubriva u poljoprivredi, povećava se i koncentracija azota u zemljištu i vodi. Azot se ispira iz tla kišom i dolazi u jezera i vodotokove. Kod povišenih koncentracija hranljivih soli u vodi, može doći do većeg razvoja algi i makrofita, što za sobom povlači kaskadnu reakciju preopterećenja vodenog ekosistema (tzv. eutrofikacija).

Obzirom na to da je akumulacija Grabovo locirana u oblasti intenzivne poljoprivrede, gde se smenjuje plodored žitarica i industrijskog bilja i gde je đubrenje mineralnim đubrivima u svakoj sezoni zastupljena, nije dolazilo do prekorećenja nitrata u vodi akumulacije. Razgradnjom proteina iz nepojedene i nesvarene hrane u ribnjačkim vodama koje su dobro oksigenizirane nastaje  $\text{NH}_4^+$ , odnosno prolazni spoj  $\text{NH}_4\text{-N}$  koji se brzo transformiše do  $\text{NO}_3^-$ . Razgradnjom proteina u anaerobnim uslovima, iz  $\text{NH}_4\text{-N}$  zavisno o pH vode, može nastati  $\text{NH}_4^+$  (ako je pH niži od 7) ili  $\text{NH}_3$  (ako je pH viši od 7), koji je žestok otrov za ribe (Tucker,

1985). Osim toga, amonijak je glavni konačni proizvod katabolizma proteina koji se iz tela izlučuje kroz škrge. Porastom pH vode, amonijak se teže izlučuje kroz škrge, nakuplja se u organizmu što dovodi do uginuća (Murphyand Browlee, 1981). Tokom naših istraživanja, najviše vrednosti amonijačnih jona izmerene su pred kraja jula ( $1,12 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Izračunati koeficijenti korelacije ukazuju na jaku pozitivnu povezanost koncentracije amonijačnih jona i hranljivih koeficijenata, što je u skladu s navedenim literaturnim podacima. Upoređujući rezultate naših istraživanja s jedne strane i efekte delovanja nitrata na ribe i vodu, dolazi se do zaključka, da je koncentracija nitratnih jona varirala u poželjnim i dozvoljenim vrednostima za uzgoj toplovodnih riba.

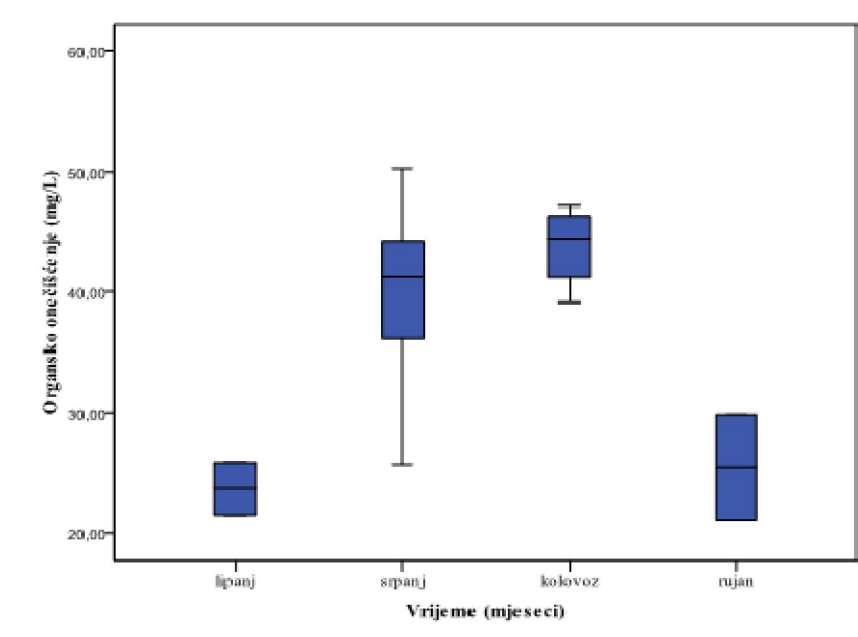
### 5.1.8 . Organsko zagađenje

Iz podataka (Tabela 27, Slika 25) je vidljivo, da su vrednosti organskog zagađenja vode akumulacije Grabovo varirale od  $21,6 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  na početku istraživanja (jun), do  $50,3$  krajem meseca jula, ali bez statistički značajne razlike . Vrednosti organskog zagađenja iako su bile visoke, nisu prelazile krajnje granice za uzgoj toplovodnih vrsta riba.

**Tabela 27. Srednje organsko zagađenje vode ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )**

Mesec	Organsko zagađenje ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )		
	Medijana (interkvartilni raspon)	Minimum /maksimum	p*
Jun	23,8 (16,2 – 30,8)	21,6 – 25,93	0,088
Jul	41,3 (30,9 – 47,3)	25,8 – 50,3	
Avgust	44,4 (40,2 – 46,7)	39,1 – 47,2	
Septembar	25,5 (15,8 – 33,7)	21,2 – 29,8	

\*Kruskal Wallis test



**Slika 25. Organsko zagađenje vode ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) prema mesecima (medijana, interkvartilni raspon, minimum i maksimum)**

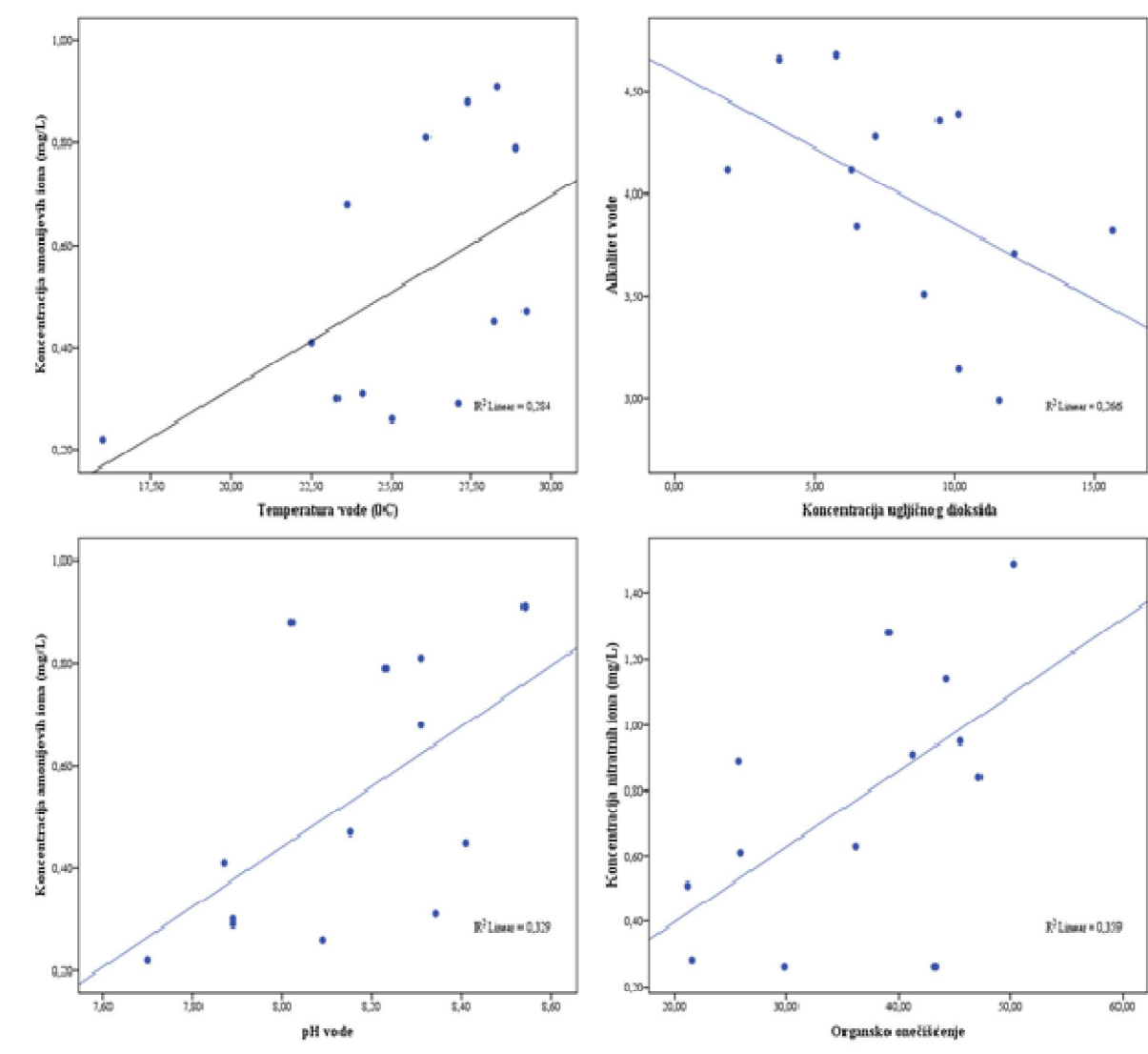
Analizom  $\text{KMnO}_4$  - iznosa troškova, kao pokazatelja sadržaja organskih materija rastvorenih ili suspendovanih u vodi akumulacije Grabovo, uočava se postepeno povećanje od početka istraživanja do pred kraja jula, kada su vrednosti organskog zagađenja dostizale vrednost od  $50,3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Tokom većeg dela istraživanja, organsko zagađenje je bilo iznad dozvoljenih granica. Povećanje organskog zagađenja usledilo je nakon bujnog razvoja algi i njihovog odumiranja. Pri dovoljnoj količini kiseonika, uprkos visokom organskom zagađenju šaran je dobro uzimao hranu i ostvarivao očekivani dnevni i ukupni prirast.

### 5.1.9 . Povezanost fizičko- hemijskih pokazatelja vode

Spearmanovim koeficijentom korelacije (Rho) ocenili smo jačinu povezanosti između fizičko-hemijskih pokazatelja.

Porastom temperature vode dolazi do značajnog povećanja koncentracije amonijačnih jona  $\text{NH}_4\text{-N}$  ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) ( $r = 0,588$   $p = 0,035$ ), a povećanjem koncentracije ugljen-dioksida statistički značajno opada alkalitet vode ( $r = -0,597$   $p = 0,031$ ). Smanjenjem pH vode dolazi do značajnog smanjenja koncentracije amonijačnih jona ( $r = 0,587$   $p = 0,035$ ), a porastom organskog zagađenja značajan je porast i koncentracije nitratnih jona ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) ( $r = 0,567$   $p = 0,043$ ). Od ostalih veza možemo napomenuti, dobru negativnu povezanost koncentracije ugljen-dioksida sa koncentracijom amonijačnih jona ( $r = -0,538$   $p = 0,058$ ), te dobru

povezanost temperature vode sa pH vode ( $r = 0,534$   $p = 0,060$ ), ali na našim podacima nije pokazala statistički značajnu povezanost (Slika 26.).



**Slika 26. Značajne korelacije između fizičko-hemijskih pokazatelja vode**

## 5.2. Proizvodni rezultati

Proizvodni rezultati prikazani su u okviru prvog ogleda. Prvi ogled predstavlja rezultate uticaja dodatka lanenog ulja u peletirane krmne smeše u količini 2%, 3%, 4% i 5% na prosečni individualni prirast ( $\text{g} \cdot \text{kom}^{-1}$ ), prosečan periodični prirast ( $\text{g} \cdot \text{kom}^{-1}$ ), prosečni individualni dnevni prirast ( $\text{g} \cdot \text{kom}^{-1}$ ), individualnu specifičnu brzinu rasta ( $\% \cdot \text{dan}^{-1}$ ), prirast ihtiomase šaranskog mlada ( $\text{kg}$ ), specifičnu brzinu rasta ihtiomase ( $\% \cdot \text{dan}^{-1}$ ), dnevni prirast ihtiomase ( $\text{g}$ ), hranidbeni koeficijent ( $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ), utrošak hrane, preživljavanje ( $\%$ ), hemijski sastav mesa (voda, masti, proteine i pepeo) i kompoziciju masnih kiselina provedeni su u akumulaciji Grabovo. Šaranski mlad je 17. 6. nasađen u sve kaveze i zbog prilagođavanja kaveznim uslovima, do 28.6. hranjen je istom krmnom smešom. Od 29.6. do 12.9., dvogodišnji šaranski mlad je hranjen peletiranom hranom, ali sa različitim količinama lanenog ulja. Dobijeni rezultati naših istraživanja prikazani su u tabelama, slikama i grafikonima.

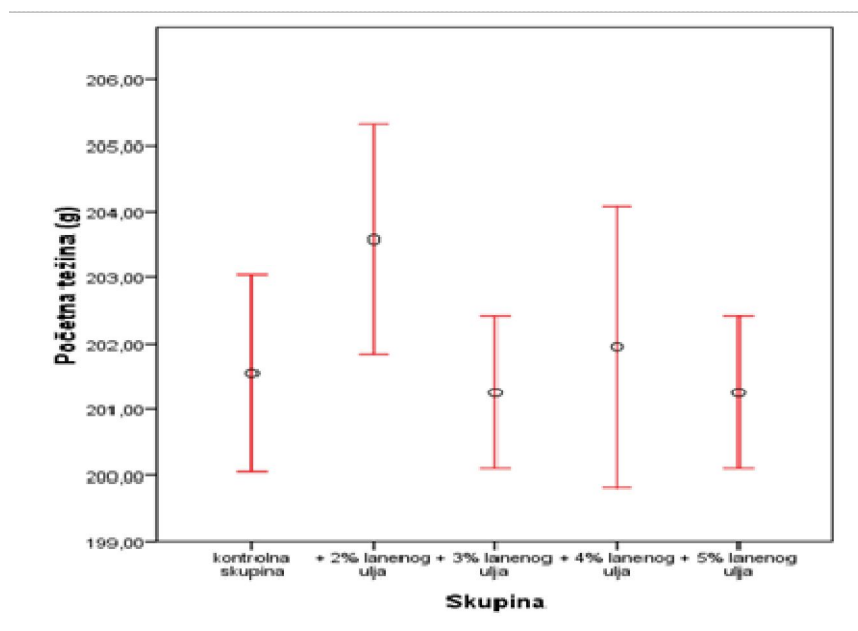
### 5.2.1. Prosečna individualna masa ( $\text{g} \cdot \text{kom}^{-1}$ )

Na Tabeli 28 i Slici 27 prikazana je prosečna individualna masa dvogodišnjeg šaranskog mlada tokom istraživanja koje je trajalo 75 dana. Srednja individualna masa šaranskog mlada u vreme nasada bila je ujednačena i kretala se od  $201,0 \text{ g} \cdot \text{kom}^{-1}$  u drugoj, trećoj i četvrtoj oglednoj grupi do  $203,7 \text{ g} \cdot \text{kom}^{-1}$  u prvoj eksperimentalnoj grupi. U kontrolnoj grupi, prosečna individualna masa šaranskog mlada bila je za  $2,0 \text{ g} \cdot \text{kom}^{-1}$  ili  $0,99 \%$  niža nego u prvoj eksperimentalnoj, a za  $0,7 \text{ g} \cdot \text{kom}^{-1}$  viša nego u drugoj, trećoj i četvrtoj oglednoj grupi. U navedenim eksperimentalnim grupama (druga, treća, četvrta) prosečne individualne mase na početku istraživanja bili su ujednačene i iznosile su  $201,0 \text{ g} \cdot \text{kom}^{-1}$  (Grafikon 1).

**Tabela 28. Prosečna individualna masa dvogodišnjeg šaranskog mlada u kontrolnoj i probnim grupama tokom istraživanja ( $\text{g} \cdot \text{kom}^{-1}$ )**

Datum probnog ribolova	Ogledne grupe				
	K	P-1	P-2	P-3	P-4
29.6.	201,7	203,7	201,0	201,0	201,0
14.7.	237,1	239,7	237,8	238,5	239,3
29.7.	278,7	282,2	281,3	282,9	284,9
13.8.	327,6	332,2	344,1	335,6	339,2
28.8	385,1	391,0	407,1	398,8	404,0
12.9	484,3	492,3	502,0	508,0	519,7

Statističkom obradom početnih individualnih masa šaranskog mlađa u kontrolnoj i oglednim grupama, nije utvrđena statistički značajna razlika ( Slika 27 ) .

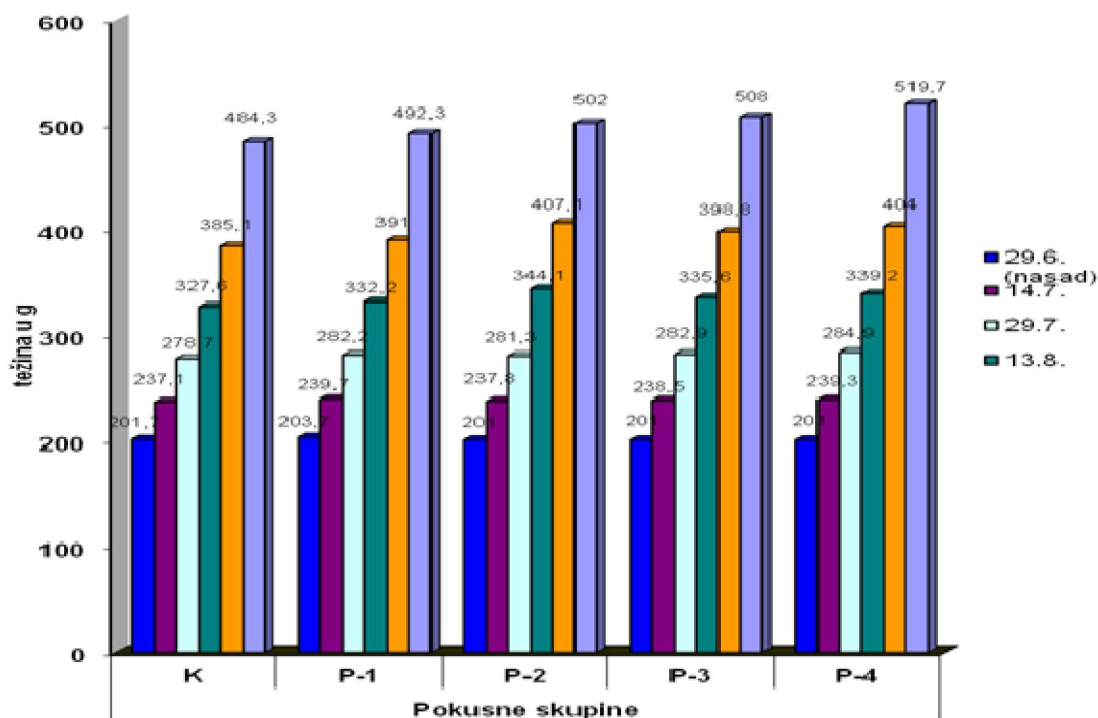


**Slika 27. Prosečna individualna masa šaranskog mlađa na početku istraživanja**

Nakon 15 dana ishrane peletiranim krmnim smešama sa različitim količinama lanenog ulja, utvrđene su razlike u pogledu prosečne individualne mase. Najviši prirast za navedeno razdoblje izmeren je u 4. oglednoj grupi ( $38,3 \text{ g} \cdot \text{kom}^{-1}$ ) koja je hranjena peletiranom krmnom smesom sa dodatkom 5% lanenog ulja. Za isti hranidbeni period, najniži prirast od  $35,4 \text{ g} \cdot \text{kom}^{-1}$  izmeren je u kontrolnoj grupi. Prosečna pojedinačna masa šaranskog mlađa u navedenoj grupi bila je za  $2,9 \text{ g} \cdot \text{kom}^{-1}$  manja nego u 4. oglednoj grupi. U narednom periodu, prosečna individualna masa šaranskog mlađa bila je znatno viša i varirala je od  $327,6 \text{ g} \cdot \text{kom}^{-1}$  u kontrolnoj grupi do  $339,2 \text{ g} \cdot \text{kom}^{-1}$  u 4. pokusnoj grupi koja je hranjena hranom sa 5% lanenog ulja u smeši. Po završetku istraživanja koje je trajalo 75 dana, prosečna pojedinačna masa u trećoj eksperimentalnoj grupi koja je hranjena krmnom smešom s 4% lanenog ulja iznosila je  $508 \text{ g} \cdot \text{kom}^{-1}$ , što je za  $11,7 \text{ g} \cdot \text{kom}^{-1}$  ili 2,30% manje nego u četvrtoj pokusnoj grupi (5% lanenog ulja). Težina šaranskog mlađa u drugoj eksperimentalnoj grupi bila je niža za  $17,7 \text{ g} \cdot \text{kom}^{-1}$  ili 3,52% u poređenju sa 4. probnom grupom. Najniža prosečna individualna masa izmerena je u 1. pokusnoj grupi (2% lanenog ulja), a iznosila je  $492,3 \text{ g} \cdot \text{kom}^{-1}$ . Izmerena vrednost prosečne individualne mase je za  $27,4 \text{ g} \cdot \text{kom}^{-1}$  ili 5,56% manja u poređenju sa četvrtom oglednom grupom. Poređenjem 4. ogledne (5% lanenog ulja) sa kontrolnom grupom



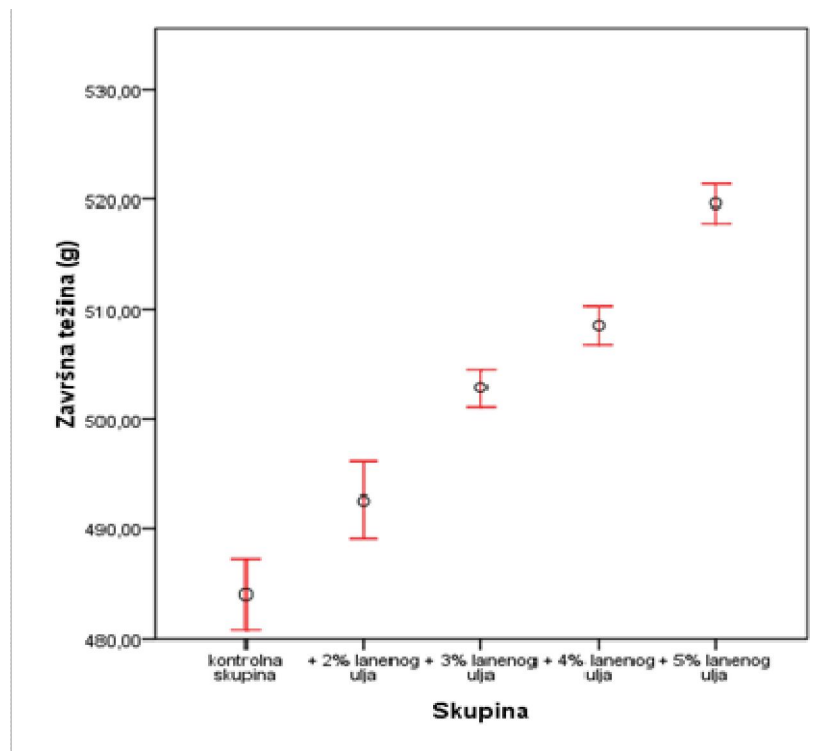
(bez lanenog ulja) utvrđene su najviše individualne prosečne razlike od  $35,4 \text{ g}\cdot\text{kom}^{-1}$  ili 7,30%.



**Grafikon 1. Prosečne individualne mase dvogodišnjeg šaranskog mlada ( $\text{g}\cdot\text{kom}^{-1}$ ) u kontrolnoj i oglednim grupama tokom istraživanog perioda**

Statističkom obradom podataka utvrđeno je, da je završna težina značajno najviša u grupi sa dodatkom 5% lanenog ulja, a iznosila  $519,7 \pm 2,5 \text{ g}$  (ANOVA,  $p < 0,001$ ). Takođe je utvrđeno da su između pojedinih eksperimentalnih grupa bile statistički značajne razlike (Post Hoc Bonferonni test  $p < 0,001$ ), osim između 2. (3% lanenog ulja) i 3. koja je hranjena smešom s 4% lanenog ulja (Slika 28).

Statistički značajno najmanja prosečna individualna masa bila je u kontrolnoj grupi (ANOVA,  $p < 0,001$ ). Post hoc Bonferonni testom dokazana je povezanost između grupa, koje su sve statistički signifikantne ( $p < 0,001$ , kontrola vs. 2% lanenog ulja,  $p = 0,017$ ; 3% lanenog ulja vs. 4% lanenog ulja  $p = 0,030$ ).



**Slika 28. Završne mase šarana**

Završne mase šarana u našim istraživanjima ( akumulacija Grabovo ) , niže su od završnih masa koje su utvrdili Stević, (1987) i Stević and Bogut, (1988) u jezeru Bistarac. Više prosečne individualne mase u istraživanjima navedenih autora, mogu se tumačiti znatno boljim ekološkim uslovima, a posledično tome i boljim iskorišćenjem hrane. Temperatura vode jezera Bistarac u uspoređivan periodu varirala je od 24 °C do 26 °C, a koncentracija rastvorenog kiseonika 5,8-8,2 mg l<sup>-1</sup>. Proteinski sastav hrane te odnos proteina i energije bio je gotovo identičan u oba istraživanja. Depresija rasta šarana u našim istraživanjima u akumulaciji Grabovo, usledila je padom koncentracije rastvorenog kiseonika tokom većeg dela meseca jula i prvog dela avgusta. Identični rezultati rasta šarana utvrđeni su u istraživanjima Bogut et al., (2007), takođe u akumulaciji Grabovo. U navedenim, a u našim istraživanjima registrovano je usporenje rasta koje je po našem mišljenju, rezultat smanjene koncentracije kiseonika. Posledično tome, smanjeni su dnevni obroci hrane, a time i prirasti šarana. Na osnovu navedenih istraživanja može se zaključiti, da je u letnjim mesecima potrebno postaviti aeratore koji bi osigurali potrebnu količinu rastvorenog kiseonika za uspešan prirast i uzgoj šarana te iskorišćenje njegovog potencijala rasta, kakav je uočen na jezeru Modrac, Borovik i Bistarac ( Stević, 1987, Stević and Bogut , 1988 ). Bolji rezultati individualnog rasta šarana utvrđeni su u istraživanjima Trbović et al., (2009) ; Mraz et al.,

(2011); Ćirković et al., (2011). U navedenim istraživanjima, riba je uzgajana u poluintenzivnom Ribnjačka sistemu u RG « Ečka » Lukino Selo .

### 5.2.2. Prosečni periodični individualni prirast (g.kom<sup>-1</sup>)

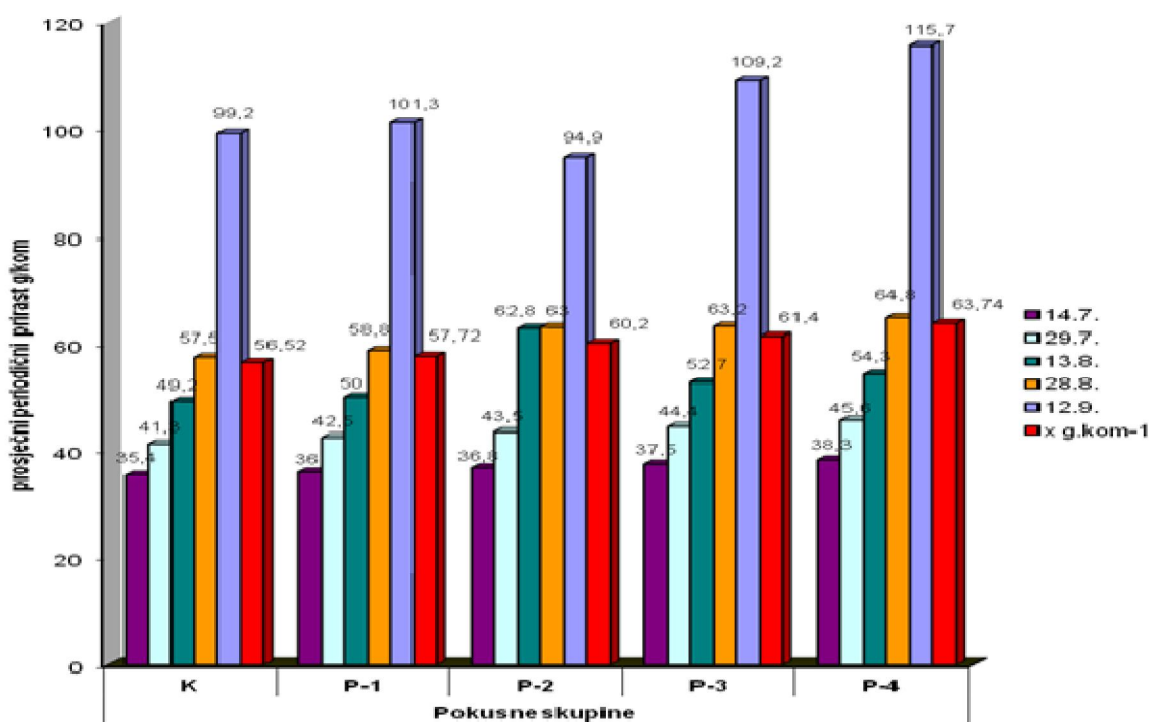
U Tabeli 29 i Grafikonu 2 prikazani su prosečni periodični individualni prirasti šarana u kontrolnoj i onih koji su su hranjeni smešom sa različitim količinama lanenog ulja . Riba su merene svakih 15 dana, a izmerene vrednosti su izražene u gramima po komadu . Nakon prvih 15 dana, šarani kontrolne grupe i oni sa nižim nivoom lanenog ulja u smeši , bili su lakši od šarana hranjenih sa većim nivoima lanenog ulja. Najniža periodična vrednost izmerena je u kontrolnoj grupi koja je hranjena smešom bez dodatka lanenog ulja, a iznosila je 35,4 g.kom<sup>-1</sup>. Povećanjem lanenog ulja u smešama, povećavala se i prosečna periodična individualna masa šarana od 36 g.kom<sup>-1</sup>u prvoj eksperimentalnoj grupi ( 2% lanenog ulja ) do 38,3 g.kom<sup>-1</sup>u četvrtoj ogleđnoj grupi ( 5% lanenog ulja ). Šaranska mlađ 4. ogleđne grupe nakon prvih 15 dana ishrane, bila je za 2,9 g.kom<sup>-1</sup>viša u poređenju sa kontrolnom grupom. Nakon 30 dana gajenja, šaranska mlađ 4. grupe bila je za 4,30 g.kom<sup>-1</sup>teža u poređenju sa mlađem kontrolne grupe. Prilikom trećeg probnog ribolova koji je obavljen 13.8., uočen je pad periodične individualne mase šarana koji je hranjen smešom s 4% i 5% lanenog ulja u smeši. Depresija periodičnog individualnog rasta šarana se može , najverovatnije objasniti našom greškom u merenju.

**Tabela 29. Prosečni periodični individualni prirast dvogodišnjeg šaranskog mlađa u kontrolnoj i eksperimentalnim grupama tokom istraživanja (g.kom<sup>-1</sup>)**

Datum eksperimentalnog ribolova	Eksperimentalne grupe				
	K	P-1	P-2	P-3	P-4
14.7.	35,4	36,0	36,8	37,5	38,3
29.7.	41,3	42,5	43,5	44,4	45,6
13.8.	49,2	50,0	62,8	52,7	54,3
28.8.	57,5	58,8	63,0	63,2	64,8
12.9.	99,2	101,3	94,9	109,2	115,7
x g.kom <sup>-1</sup>	56,52	57,72	60,20	61,40	63,74

Potrebno je navesti i to, da su prilikom merenja 13.8. vladale visoke temperature vode i vazduha, a koncentracija kiseonika je bila niska. Zbog toga su kontrolni ribolovi obavljani što je moguće brže u jutarnjim satima. Nakon završenog istraživanja (12.9.), dodatak lanenog ulja

u smeše (prva, druga, treća i četvrta grupa) pozitivno je uticao na težine u odnosu na šaranski mlađ kontrolne grupe ili na šarane iz grupe s manjom nivoom lanenog ulja u smeši. Na kraju istraživanog perioda, najviši periodični individualni prirast ostvaren je u 4. oglednoj grupi koja je u smeši dobijala 5% lanenog ulja. Iz podataka sa Tabele 29 i Grafikona 2, uočava se, da je šaranski mlađ hranjen smešom s dodatkom lanenog ulja u količini od 2% postigao veću individualnu periodičnu masu od mlađa u kontrolnoj grupi. Mlađ šarana u 1. oglednoj grupi je postigao veću prosečnu individualno periodičnu masu za 1,30 gkom<sup>-1</sup> gu odnosu na kontrolu. Prosečna periodična individualna masa 2. eksperimentalne grupe bila je za 1,06 g veća nego u kontroli, a za 2,48 gkom<sup>-1</sup> nego u prvoj eksperimentalnoj grupi. Za isti uzgojni period, mlađ 3. eksperimentalne grupe koji je u hrani dobijao 4% lanenog ulja imao je za 1,2 gkom<sup>-1</sup> nižu prosečnu periodičnu individualnu masu od mlađi 2. eksperimentalne grupe, a za 4,74 gkom<sup>-1</sup> višu nego u kontroli, koja nije u hrani dobijala laneno ulje.



**Grafikon 2. Prosečni periodični individualni prirast dvogodišnjeg šaranskog mlađa u kontrolnoj i eksperimentalnim grupama tokom istraživanja (g·kom<sup>-1</sup>)**

Postignuti rezultati prosečne individualne periodične mase u kontrolnoj grupi u skladu su sa rezultatima koje su dobili Stević, (1982) u polikulturi sa šaranom i biljojednim ribama u ribnjačkom gajenju te Stević, (1987) i Stević i Bogut, (1988) u kaveznim uslovima gajenja.

### 5.2.3. Prosečni individualni dnevni prirast ( $\text{g}\cdot\text{kom}^{-1}$ )

Prosečni individualni dnevni prirasti dvogodišnjeg šaranskog mlada za celokupni istraživani period menjao se od  $3,76 \text{ g}\cdot\text{kom}^{-1}$  u kontrolnoj do  $4,25 \text{ g}\cdot\text{kom}^{-1}$  u 4. oglednoj grupi koja je hranjena smešom sa 5% lanenog ulja. Rezultati individualnog dnevnog prirasta u našim istraživanjima bolji su od rezultata Župana, (2010), koje je dobio gajenjem šarana iste uzrasne kategorije u ribnjačkim uslovima u kombinaciji sa patkama. Rezultati dnevnog individualnog rasta u navedenim istraživanjima varirali su od  $1,40 \text{ g}\cdot\text{kom}^{-1}$  do  $2,36 \text{ g}\cdot\text{kom}^{-1}$ . Rezultati dnevnog prirasta u navedenom istraživanju bili su neočekivano niski jer je uz dodatnu hranu koja je u ribnjak dospevala rasturom pataka bila odgovarajućeg proteinskog i energetskog sastava. Osim toga, riba je imala na raspolaganju obilje zooplanktona koji je nastajao sukcesivnim đubrenjem izmetom pataka koje su uzgajane na ribnjacima. S druge strane, niski prosečni dnevni prirasti mogu se pravdati dužinom gajenja u trajanju od 75 dana i temperaturom vode, koja je na početku i kraju gajenja bila niža pa se ponuđena prirodna i dodatna hrana nije u potpunosti iskorišćavala.

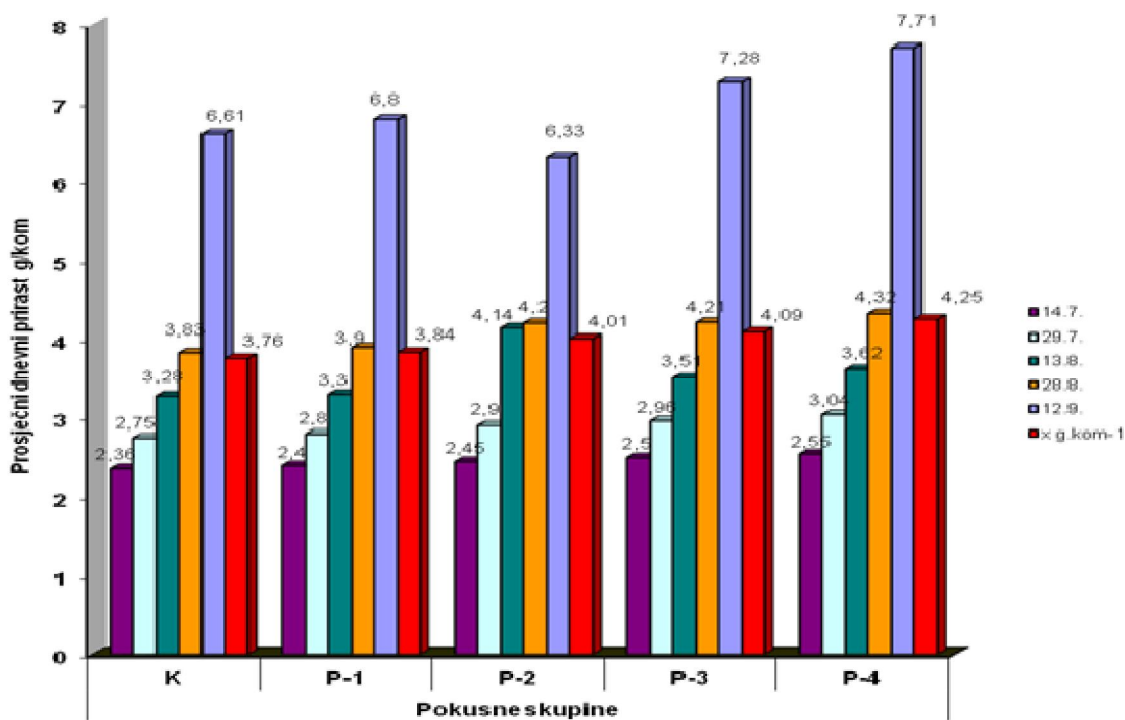
**Tabela 30. Prosečni dnevni individualni prirast dvogodišnjeg šaranskog mlada u kontrolnoj i eksperimentalnim grupama tokom istraživanja ( $\text{g}\cdot\text{kom}^{-1}$ )**

Datum probnog ribolova	Eksperimentalne grupe				
	K	P-1	P-2	P-3	P-4
14.7.	2,36	2,40	2,45	2,50	2,55
29.7.	2,75	2,80	2,90	2,96	3,04
13.8.	3,28	3,30	4,14	3,51	3,62
28.8.	3,83	3,90	4,20	4,21	4,32
12.9.	6,61	6,80	6,33	7,28	7,71
$\bar{x} \text{ g}\cdot\text{kom}^{-1}$	3,76	3,84	4,01	4,09	4,25

Poređenjem prosečnog individualnog dnevnog prirasta kontrolne grupe (bez dodatka lanenog ulja u smešu) i 4. eksperimentalne grupe (5% lanenog ulja u smeši) za celi istraživani period, utvrđen je viši dnevni prirast u 4. eksperimentalnoj grupi za  $0,49 \text{ g}\cdot\text{kom}^{-1}$  ili za 13,03%. Najniži prosečni individualni dnevni prirast utvrđen je u prvih 15 dana gajenja u kontrolnoj grupi (od 29.6. do 14.7.) i iznosio je  $2,36 \text{ g}\cdot\text{kom}^{-1}$  (Tabela 30 i Grafikon 3), što je nešto više nego u istraživanjima Župana, (2010).

Povećavanje lanenog ulja u peletiranim krmnim smešama (od 2% do 5%) pozitivno je uticalo na individualne dnevne priraste. Najviši dnevni prirasti izmereni su u zadnjih 15 dana gajenja

(28.8. do 12.9.) i menjali su se od 6,61 g·kom<sup>-1</sup> u kontrolnoj grupi do 7,71 g·kom<sup>-1</sup> u 4. eksperimentalnoj grupi (Grafikon 3). Iz podataka u Tabeli 30 vidljivo je linearno povećanje individualnog dnevnog prirasta, povećanjem lanenog ulja u peletiranim krmnim smešama od 2% do 5%.



**Grafikon 3. Prosečni dnevni individualni prirast dvogodišnjeg šaranskog mlađa u kontrolnoj i eksperimentalnim grupama tokom istraživanja (g·kom<sup>-1</sup>)**

Bolji rezultati individualnog dnevnog prirasta u odnosu na naše, utvrđeni su u istraživanjima Stević and Bogut, (1988) gajenjem dvogodišnjeg šaranskog mlađa u jezeru Bistarac. Dvogodišnji šaranski mlađ u navedenom istraživanju uzgajan je 176 dana, a individualni dnevni prirasti zavisno o nasadnoj masi menjali su se 4,31 do 4,42 g·kom<sup>-1</sup>. Bolji dnevni prirasti u navedenom istraživanju, a prema našem mišljenju, su rezultat dobrih fizičko-hemijskih parametara vode i zoohigijenskih mera koje su sprovedene na kaveznom sistemu. Uz slične ekološke uslove (temperatura vode i koncentracija rastvorenog kiseonika), Bogut et al., (2007) su dobili nešto niže individualne dnevne priraste dvogodišnjeg šaranskog mlađa u istom jezeru, ali u komercijalnoj proizvodnji. Vrednosti individualnog dnevnog prirasta u navedenom istraživanju su varirale od 3,66 g·kom<sup>-1</sup> do 3,85 g·kom<sup>-1</sup>.

#### 5.2.4. Individualna specifična brzina rasta (%·dan<sup>-1</sup>)

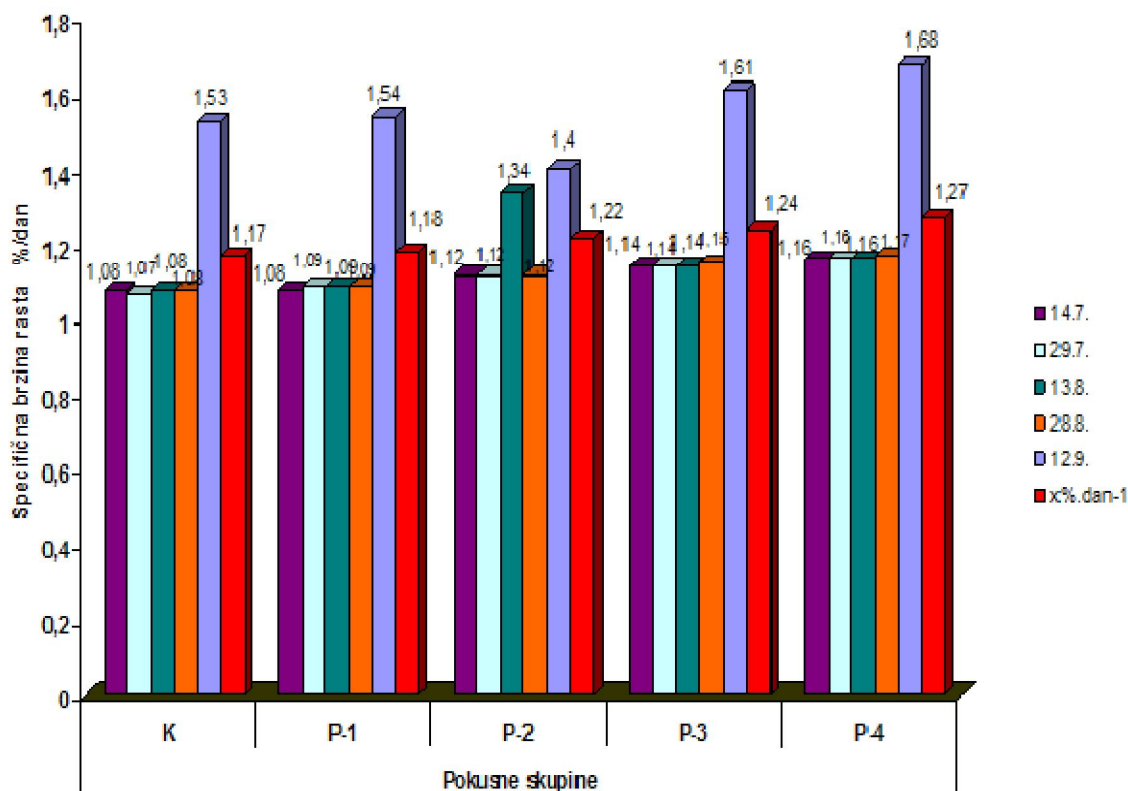
Tokom istraživanog perioda, specifična brzina rasta dvogodišnjeg šaranskog mlada menjala se od 1,17%·dan<sup>-1</sup> u kontrolnoj grupi do 1,27%·dan<sup>-1</sup> u 4. ogleđnoj grupi koja je hranjena smešom sa 5% lanenog ulja (Tabela 31 i Grafikon 4). Rezultati specifične brzine rasta u kontrolnoj grupi našeg istraživanja, višestruko su bolji od specifičnih brzina rasta koje su izračunali Ljubojević et al., (2013) gajenjem šarana u ekstenzivnom (0,26%·dan<sup>-1</sup>), poluintenzivnom (0,47%·dan<sup>-1</sup>) i intenzivnom (0,66%·dan<sup>-1</sup>) sistemu gajenja. Visoke specifične brzine rasta ustanovio je Župan, (2010) prilikom gajenja dvogodišnjeg šarana u kombinaciji sa patkama. Bolji rezultati individualne specifične brzine rasta u odnosu na naša istraživanja utvrdio je Mazurkiewicz, (2009), koji je istraživao mogućnost zamene proteina animalnog porekla proteinima biljnog porekla u ishrani mlađih kategorija šarana.

**Tabela 31. Specifična brzina rasta dvogodišnjeg šaranskog mlada u kontrolnoj i eksperimentalnim grupama tokom istraživanja (%·dan<sup>-1</sup>)**

Datum probnog ribolova	Eksperimentalne grupe				
	K	P-1	P-2	P-3	P-4
14.7.	1,08	1,08	1,12	1,14	1,16
29.7.	1,07	1,09	1,12	1,14	1,16
13.8.	1,08	1,09	1,34	1,14	1,16
28.8.	1,08	1,09	1,12	1,15	1,17
12.9.	1,53	1,54	1,40	1,61	1,68
x %·dan <sup>-1</sup>	1,17	1,18	1,22	1,24	1,27

Specifična brzina rasta (SGR-Specific growth rate) izražena u dnevnom procentu (%·dan<sup>-1</sup>) pokazuje uspešnost rasta riba, a menja se zavisno o kategoriji ribe, sastavu hrane i načinu ishrane. Dodatak lanenog ulja u peletirane krmne smeše u količini 2% 3%, 4% i 5% pozitivno je uticao na uspešnost rasta dvogodišnjeg šaranskog mlada za 0,85 % u prvoj, 4,27% u drugoj, 4,98% u trećoj i za 8,54% u četvrtoj eksperimentalnoj grupi u poređenju sa kontrolnom grupom koja je hranjena smešom bez dodatka lanenog ulja. Poređenjem eksperimentalnih grupa zapaža se, linearno poboljšanje specifične brzine rasta povećanjem lanenog ulja u smešama. Postignuti rezultati specifične brzine rasta u kontrolnoj i probnim grupama u skladu su sa rezultatima koje je dobio Župan, (2010). Najniže vrednosti specifične brzine rasta utvrđene su u 1. pokusnoj grupi (0,906 %·dan<sup>-1</sup>), koja je uz šarana nasadena s 1040 pataka·ha<sup>-1</sup>. Bolji rezultat navedenog svojstva utvrđen je u 2. eksperimentalnoj grupi,

koja je uz isti broj riba nasadena s  $2160 \text{ pataka} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a iznosio je  $1,05 \% \cdot \text{dan}^{-1}$ . U navedene dvije eksperimentalne grupe, riba nije dobijala dodatnu hranu osim što je dospelo u vodu rastur od pataka. Dobar prirast šarana ostvaren je đubrenjem ribnjaka izmetom pataka i posledičnim razvojem prirodne hrane.



**Grafikon 4. Specifične brzina rasta dvogodišnjeg šaranskog mlada u kontrolnoj i eksperimentalnim grupama tokom istraživanja ( $\% \cdot \text{dan}^{-1}$ )**

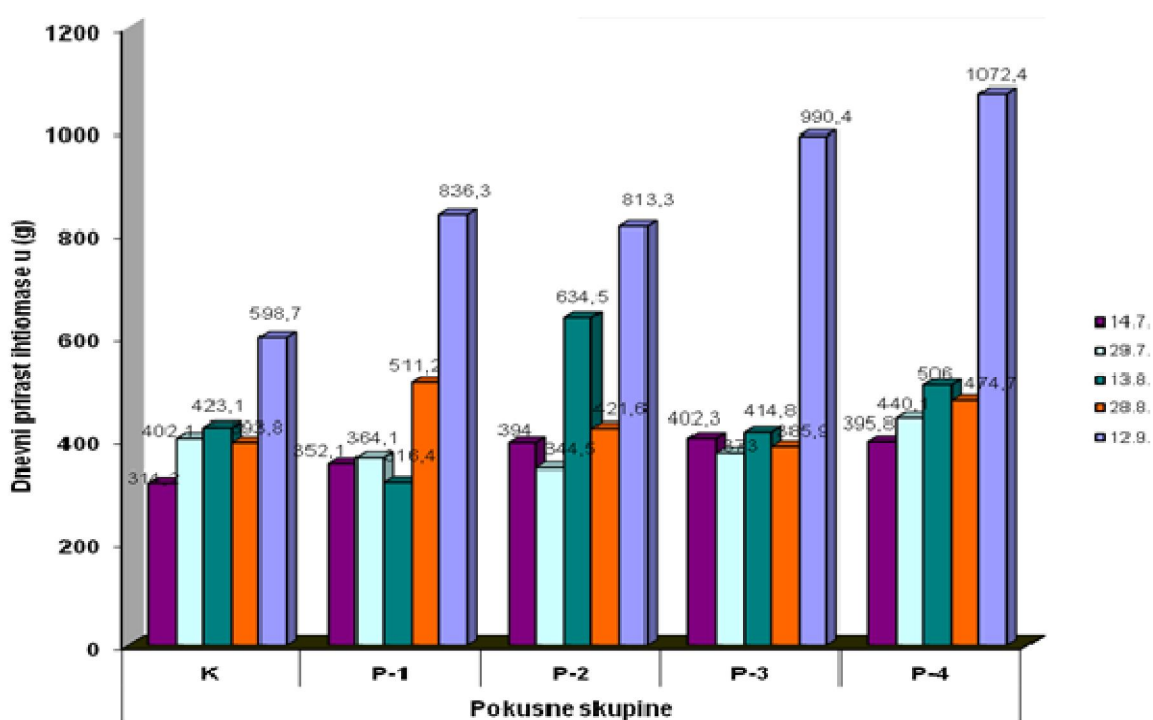
### 5.2.5. Dnevni prirast ihtiomas (g·dan<sup>-1</sup>)

Ukupna nasadna masa šaranskog mlada u svim eksperimentalnim grupama bila je ujednačena i varirala je od 36 180 g u drugoj, trećoj i četvrtoj eksperimentalnoj grupi do 36 666 gu prvoj eksperimentalnoj grupi . Ukupna nasadna masa kontrolne grupe bila je 360 g lakša u poređenju sa prvom eksperimentalnom grupom, a za 126 g teža u poređenju sa drugom, trećom i četvrtom eksperimentalnom grupom ( Tabela 32 i Grafikon 5 ).



**Tabela 32. Dnevni prirast ihtiomase dvogodišnjeg šaranskog mlada u kontrolnoj i eksperimentalnim grupama tokom istraživanja (g)**

Datum probnog ribolova	Eksperimentalne grupe				
	K	P-1	P-2	P-3	P-4
Nasadna masa (g)	36306	36666	36180	36180	36180
14.7.	314,2	352,1	394,0	402,3	395,8
29.7.	402,1	364,1	344,5	373,0	440,1
13.8.	423,1	316,4	634,5	414,8	506,0
28.8.	393,8	511,2	421,6	385,9	474,7
12.9.	598,7	836,3	813,3	990,4	1072,4



**Grafikon 5. Dnevni prirast ihtiomase dvogodišnjeg šaranskog mlada u kontrolnoj i eksperimentalnim grupama tokom istraživanja (g)**

Prosečan dnevni prirast ihtiomase za celokupni period istraživanja u trajanju od 75 dana varirao je od 314,2 g·dan<sup>-1</sup> u kontrolnoj grupi do 1072,4 g·dan<sup>-1</sup> u četvrtoj eksperimentalnoj grupi. Najviši dnevni prirasti ihtiomase (Tabela 32) zabeleženi su poslednjih 15 dana gajenja, a kretali su se od 598,7 g·dan<sup>-1</sup> u kontroli do visokih vrednosti u četvrtoj eksperimentalnoj grupi. Dnevni prirasti ihtiomase povećavali su se povećanjem dodatka lanenog ulja u peletirane smese. Depresija prirasta ihtiomase uočena je tokom drugog, au pojedinim grupama i za vreme trećeg i četvrtog uzgojnog perioda. Do smanjenja prirasta u pojedinim grupama

dolazilo je zbog pogoršanja fizičko-hemijskih parametara vode (smanjenja koncentracije kiseonika) i položaja kaveza na platformi.

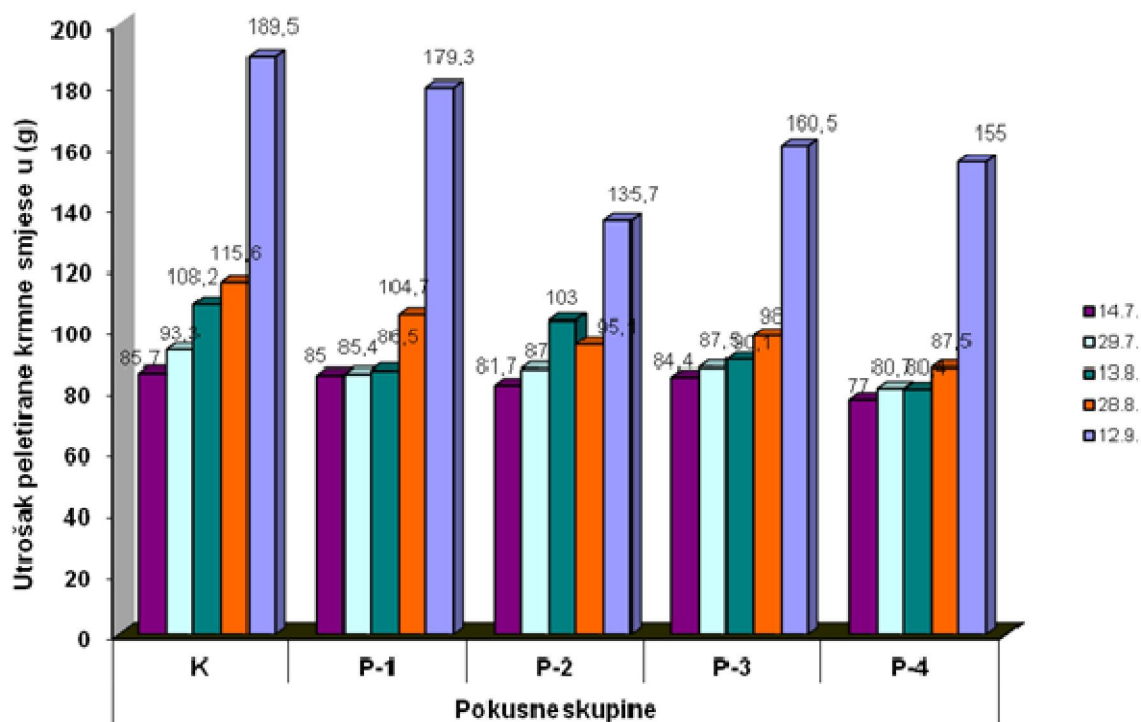
### 5.2.6. Utrošak hrane

Svakih 15 dana tokom izvođenja eksperimenta obavljani su kontrolni ribolovi i merena masa šarana. Na osnovu izmerene mase, a prema hranidbenim tablicama, temperaturi vode i koncentraciji rastvorenog kiseonika određivana je dnevna količina hrane. Iz podataka u Tabeli 33 vidljivo je, da je u prvih 15 dana ishrane dnevna količina hrane varirala od 77 g u 4. eksperimentalnoj grupi do 85,7 gu kontrolnoj grupi. Utrošak hrane u drugih 15 dana nije se znatnije povećavao zbog pada koncentracije kiseonika, a kretao se od 80,7 gu 4. eksperimentalnoj grupi do 90,3 gu kontrolnoj. Znatnije povećanje utroška hrane usledilo je u prvoj polovini drugog meseca gajenja (jula), a kretalo se od 108,3 gu kontrolnoj do 80,4 g u 4. eksperimentalnoj grupi, što je za 27,8 g ili 34,5% manje nego u kontrolnoj grupi. Povećanjem telesne mase ribe i poboljšanjem ekoloških parametara vode, povećana je količina utroška hrane koja je u zadnjem delu gajenja dostizala visoke vrednosti koje su se kretale od 135,7 g (2. eksperimentalna grupa) do 189,5 g (kontrolna grupa).

**Tabela 33. Utrošak peletirane krmne smeše za ishranu dvogodišnjeg šaranskog mlada u kontrolnoj i eksperimentalnim grupama tokom istraživanja (g)**

Datum probnog ribolova	Eksperimentalne grupe				
	K	P-1	P-2	P-3	P-4
14.7.	85,7	85,0	81,7	84,4	77,0
29.7.	93,3	85,4	87,0	87,5	80,7
13.8.	108,2	86,5	103,0	90,1	80,4
28.8.	115,6	104,7	95,1	98,0	87,5
12.9.	189,5	179,3	135,7	160,5	155,0

Ukupni utrošak hrane za vreme i na kraju istraživanja izračunat je na osnovu stvarnog utroška hrane, odnosno broja riba i vremenskog uginuća riba . Kretao se od 78,15 kg u 4. eksperimentalnoj grupi do 92,75 kg u kontroli . Poređenjem kontrolne grupe riba koja je potrošila najvišu količinu hrane s eksperimentalnim grupama bila je za 7,60 kg viša nego u 1. eksperimentalnoj grupi, 11,40 kg u odnosu na 2. eksperimentalnu grupu, 10,40 kg u poređenju sa 3. eksperimentalnom i za 14,60 kg više nego u 4. eksperimentalnoj grupi . Velika razlika u količini utrošene hrane zavisila je o vremenu uginuća riba .



**Grafikon 6. Utrošak peletirane krmne smeše za ishranu dvogodišnjeg šaranskog mlada u kontrolnoj i eksperimentalnim grupama tokom istraživanja (g)**

Najveća količina hrane utrošena je u zadnjem mesecu gajenja (28.8. do 12.9.) kada su koncentracije kiseonika, temperatura vode i ostali fizičko-hemijski parametri bili povoljni (Grafikon 6). Upravo su u tom periodu u svim tretmanima zapaženi niži hranidbeni koeficijenti, ali i visoki dnevni prirasti ribe. Zbog pogoršanih uslova sredine, dnevna količina hrane i broj obroka bili su redukovani tako, da su ribe u tom uzgojnom periodu dobijale manje hrane od tablicama predviđene količine.

### 5.2.7. Hranidbeni koeficijent

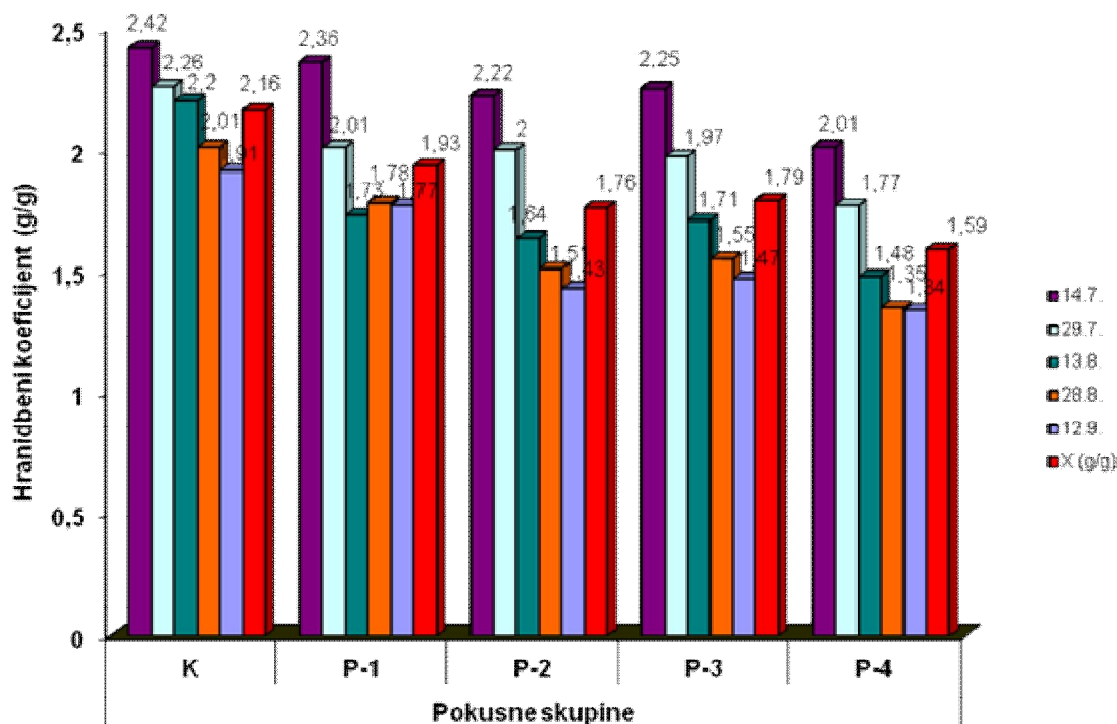
Prosečne periodične vrednosti hranidbenog koeficijenta i konverzija hrane u telesnu masu prikazane su u Tabeli 34 i Grafikonu 7. Najbolje vrednosti hranidbenog koeficijenta zabeležene su u periodu od 28.8. do 12.9. u 4. eksperimentalnoj grupi ( $1,34 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ ). Nešto lošije vrednosti hranidbenog koeficijenta zabeležene su u istom periodu u drugoj ( $1,43 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ ) i trećoj eksperimentalnoj grupi ( $1,47 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ ). Najviša konverzija hrane u telesnu masu utvrđena je na početku istraživanja u kontrolnoj grupi, a iznosila je  $2,42 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ . Srednja vrednost

hranidbenog koeficijenta za celokupni istraživani period u kontrolnoj grupi iznosila je 2,16 g·g<sup>-1</sup>. Niži ishrane koeficijent ostvaren je u prvoj eksperimentalnoj grupi (1,93 g·g<sup>-1</sup>) uz variranja tokom istraživanja od 1,73 sredinom istraživanja do 2,36 g·g<sup>-1</sup> na početku istraživanja. Hranidbeni koeficijent u prvoj eksperimentalnoj grupi bio je za 0,23 g·g<sup>-1</sup> ili za 11,92% niži nego u kontrolnoj grupi. Najniže vrednosti hranidbenog koeficijenta, odnosno najbolja konverzija hrane u telesnu masu utvrđena je u četvrtoj pokusnoj grupi, a kretala su se od 1,34 g·g<sup>-1</sup> do 2,01 g·g<sup>-1</sup>.

**Tabela 34. Hranidbeni koeficijent (g·g<sup>-1</sup>)**

Datum probnog ribolova	Eksperimentalne grupe				
	K	P-1	P-2	P-3	P-4
14.7.	2,42	2,36	2,22	2,25	2,01
29.7.	2,26	2,01	2,00	1,97	1,77
13.8.	2,20	1,73	1,64	1,71	1,48
28.8	2,01	1,78	1,51	1,55	1,35
12.9	1,91	1,77	1,43	1,47	1,34
x g·g <sup>-1</sup>	2,16	1,93	1,76	1,79	1,59

Vrednosti hranidbenog koeficijenta u našim istraživanjima u skladu su sa istraživanjima Stević and Bogut, (1998) koji su uzgajali dvogodišnjeg šarana u kavezima na jezeru Bistarac tokom 155 dana. Viši hranidbeni koeficijenti utvrđeni su u kaveznom gajenju dvogodišnjeg šarana u jezeru Grabovo, a varirali su 3,67 do 4,13, zavisno od gustine zasada u kavezu (Bogut et al., 2007). Niža, znatno bolja konverzija hrane u telesnu masu šarana, zabeležena je u istraživanjima Ljubojević et al., (2011) gajenjem šarana u poluintenzivnom (1,80 g·g<sup>-1</sup>) i intenzivnom sistemu gajenja (1,8 g·g<sup>-1</sup>). Dobro iskorišćavanje krmnih smeša i pretvaranje u telesnu masu (1,19 g·g<sup>-1</sup>; 1,12 g·g<sup>-1</sup>; 1,15 g·g<sup>-1</sup>; 1,05 g·g<sup>-1</sup>) utvrđena je u istraživanjima Mazurkiewicz, (2009) zamenom proteina animalnog porekla, proteinima biljnog porekla. Hranidbeni koeficijenti u našim istraživanjima poboljšavali su se povećanjem lanenog ulja od 2% do 5% u krmnim smešama.



**Grafikon 7. Hranidbeni koeficijent dvogodišnjeg šaranskog mlada tokom istraživanog perioda u kontrolnoj i eksperimentalnim grupama ( $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )**

### 5.2.8. Uginuća i preživljavanje tokom gajenja

Od 900 nasadenih dvogodišnjih šarana na početku istraživanja do kraja istraživanja uginulo je 162 komada ili 18% . Poređenjem kontrolne i eksperimentalnih grupa ( Tabela 35 ) utvđeno je, da je najviše riba uginulo u kontrolnoj grupi ( 39 riba ili 21,66% ) . Najmanji broj uginuća zabeležen je u četvrtoj eksperimentalnoj grupi, 27 riba ili 15,00% .

**Tabela 35. Uginuća i preživljavanje dvogodišnjeg šaranskog mlada u kontrolnoj i eksperimentalnim grupama tokom istraživanja (kom)**

Datum probnog ribolova	Eksperimentalne grupe				
	K	P-1	P-2	P-3	P-4
Nasađeno	180	180	180	180	180
14.7.	7 (3,89%)	5 (2,78%)	3 (1,66%)	3 (1,66%)	4 (2,22%)
29.7.	4 (2,22%)	7 (3,89%)	9 (5,00%)	8 (4,44%)	5 (2,78%)
13.8.	6 (3,33%)	11 (6,11%)	3 (1,66%)	8 (4,44%)	5 (2,78%)
28.8.	9 (5,00%)	4 (2,22%)	10 (5,55)	11 (6,11%)	9 (5,00%)
12.9.	13 (7,22%)	6 (3,33%)	5 (2,78%)	3 (1,66%)	4 (2,22%)
<b>Ukupna uginuća</b>	<b>39 (21,66%)</b>	<b>33 (18,33%)</b>	<b>30 (16,66%)</b>	<b>33 (18,33%)</b>	<b>27 (15,00%)</b>

Obzirom na česte kontrolne ribolove ( svakih 15 dana ) i manipulaciju sa ribom , utvrđena uginuća su povećana, ali prihvatljiva. Svakih 15 dana riba iz svih 15 kaveza je merena , što je uz ekološke uslove u ribnjaku dodatno uticalo na uginuća .

**Tabela 36. Osnovne mere sredine i proizvodni parametri**

Pokazatelj	Eksperimentalne grupe (aritmetička sredina±standardna devijacija)					
	K (0%)	P-1 (2%)	P-2 (3%)	P-3 (4%)	P-4 (5%)	p*
Broj nasadenih riba (N)	180	180	180	180	180	-
Početna, nasadna masa riba (g·kom <sup>-1</sup> )	201,7±1,53	203,7±2,53	201,0±1,0	201,0±2,7	201,0±1,0	0,245
Završna, (izlovna) masa riba (g·kom <sup>-1</sup> )	484,3±4,1	492,3±4,9	502,0±2,0	508,0±2,0	519,7±2,5	<0,001
Individualni prirast riba (g·kom <sup>-1</sup> )	282,7±2,5	288,7±2,4	301,0±1,7	307,0±3,6	318,7±3,5	<0,001
Specifična brzina rasta, SGR (%·dan <sup>-1</sup> )	1,17±1,3	1,1±0,03	1,22±0,01	1,24±0,02	1,27±0,01	0,035
Hranidbeni koeficijent (g·g <sup>-1</sup> )	2,16±0,04	1,93±0,03	1,76±0,01	1,79±0,03	1,59±0,02	<0,001
Preživljavanje ribe (%)	78,3	81,7	83,3	81,7	85	<0,001

\*ANOVA

Od ukupnog broja riba ( 180 u grupi ), prosečno preživljavanje se kretalo od 78% u kontrolnoj grupi do značajnih 85% u grupi sa dodatkom 5% lanenog ulja (ANOVA,  $p < 0,001$ ) . Preživljavanje je značajno i između grupa, osim između grupe s dodatkom 2% i 4% lanenog ulja .

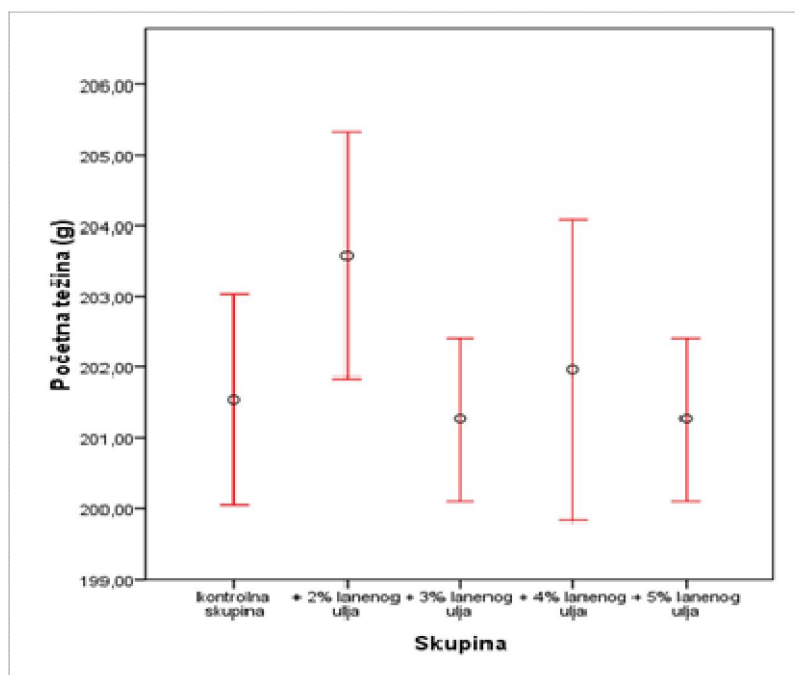
U početnoj težini nema značajnih razlika između grupa, dok je završna težina značajno najviša u grupi sa dodatkom 5% lanenog ulja i iznosi  $519,7 \pm 2,5$  g ( ANOVA,  $p < 0,001$  ) ( Slika 29 i 30 ). Između pojedinih grupa sve su razlike značajne ( *Post Hoc* Bonferonni test  $p < 0,001$  ), osim između grupa sa dodatkom 3% vs. 4% lanenog ulja ( Tabela 36 i 37 , Slika 32 ).

Prirast je značajno najmanji u kontrolnoj grupi ( ANOVA,  $p < 0,001$  ) . Post hoc Bonferonni testom dokazali smo povezanost između grupa koje su sve značajne (  $p < 0,001$ , kontrola vs. 2% lanenog ulja,  $p = 0,017$ ; 3% lanenog ulja vs. 4% lanenog ulja  $p = 0,030$  ), ( Tabela 36 i 37, Slika 31 ).

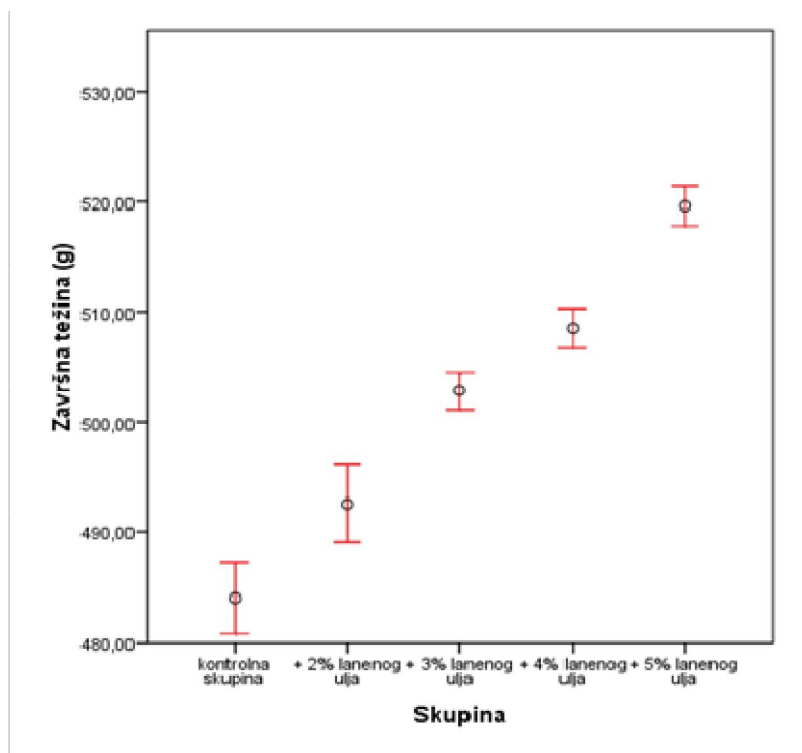
**Tabela 37. Osnovne mere sredine i proizvodni parametri (aritmetička sredina ± stadardna devijacija)**

Pokazatelj	Aritmetička sredina ± standardna devijacija					p*
	Kontrolna grupa	+ 2% lanenog ulja	+ 3% lanenog ulja	+ 4% lanenog ulja	+ 5% lanenog ulja	
Početni broj riba (N)	180	180	180	180	180	
Početna težina (g)	201,7±1,53	203,7±2,53	201,0±1,0	201,0±2,7	201,0±1	0,245
Završna težina (g)	484,3±4,1	492,3±4,9	502,0±2,0	508,0±2,0	519,7±2,5	<0,001
Završni broj riba (N)	141	147	150	147	153	
Preživljavanje (%)	78,3	81,7	83,3	81,7	85	<0,001
Prirast (g·riba <sup>-1</sup> )	282,7±2,5	288,7 ± 2,4	301,0±1,7	307,0±3,6	318,7±3,5	<0,001
SGR (%·dan <sup>-1</sup> )	1,17±1,3	1,18±0,03	1,22±0,01	1,24±0,02	1,27±0,01	0,035
Hranidbeni koef.	2,16±0,04	1,93±0,03	1,76±0,01	1,79±0,03	1,59±0,02	<0,001

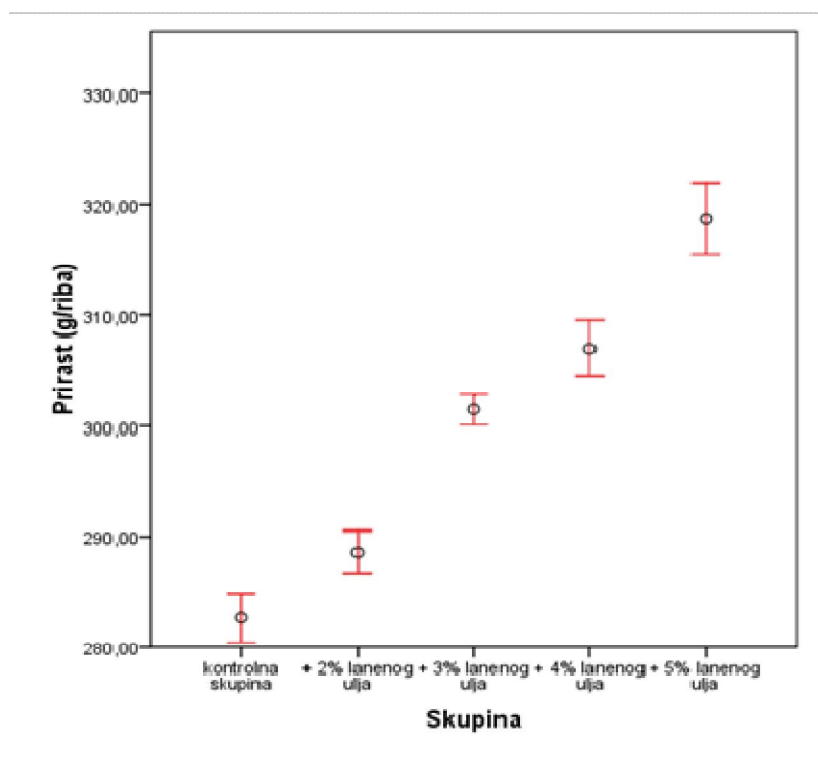
\*ANOVA



**Slika 29. Početna težina šarana (g) u kontrolnoj i eksperimentalnim grupama**

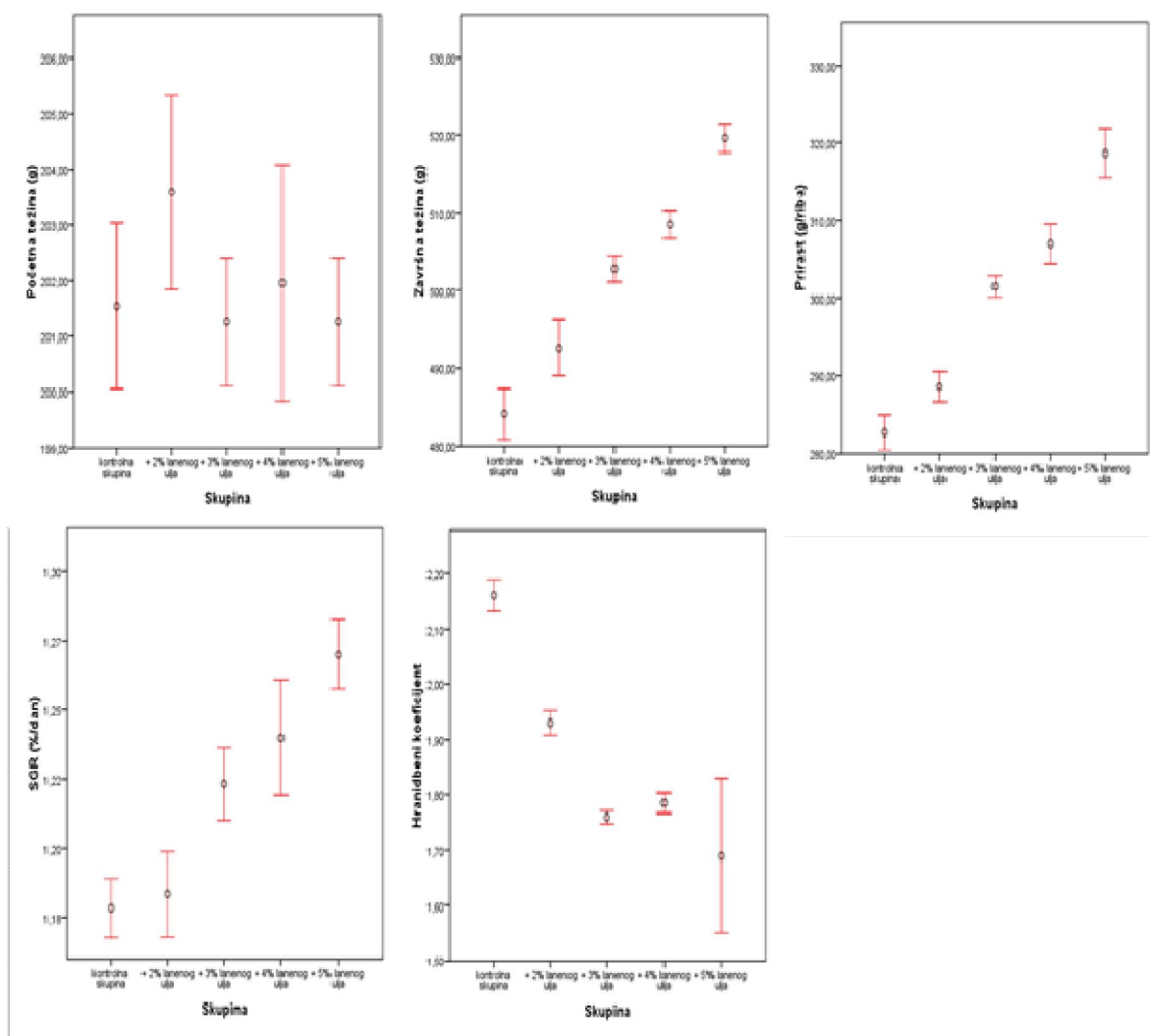


Slika 30. Završna težina šarana (g) u kontrolnoj i eksperimentalnim grupama



Slika 31. Prirast šarana (g/riba) u kontrolnoj i eksperimentalnim grupama





Slika 32. Aritmetičke sredine i interval pouzdanosti (95% CI) proizvodnih parametara

### 5.3. Vrednost analize uzorka šarana prema dodatom lanenom ulju u hrani

Statistički su značajno više vrednosti vode ( %) u uzorcima šarana koji su hranjeni hranom sa dodanih 5% lanenog ulja. U navedenoj grupi vrednost vode iznosi 79,2% ( interkvartilnog raspona 79-79,3 %) ( Kruskal Vallis test,  $p = 0,003$  ) . Najmanji udeo vode imali su uzorci u kontrolnoj grupi.

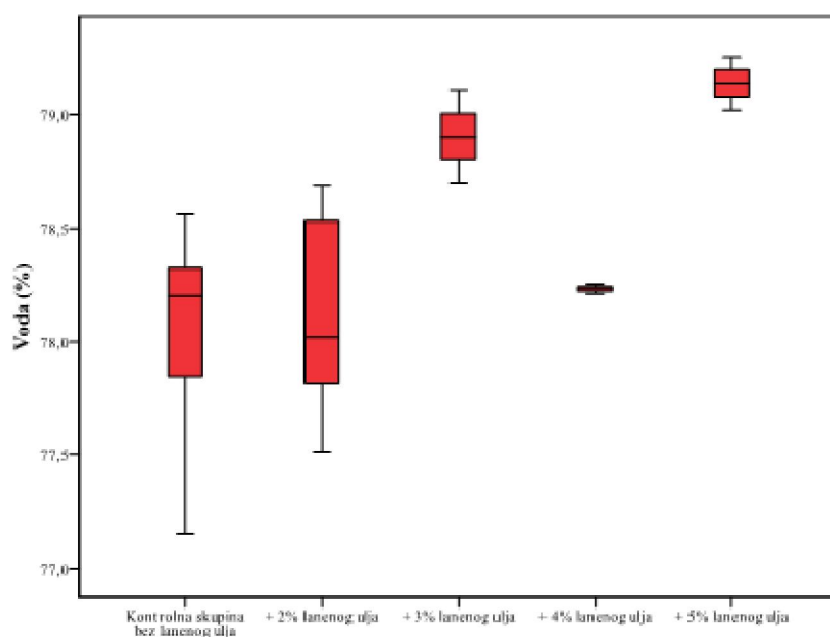
Mann Whitney testom utvrđene su statistički značajne razlike u udelu vode (%) između kontrolne grupe i one sa 3% lanenog ulja ( $p = 0,016$ ), sa dodanih 5% lanenog ulja ( $p = 0,001$ );

između grupa sa dodanih 2% i 3 % lanenog ulja ( $p = 0,044$ ) i između uzoraka koji su hranjeni sa dodatkom 2% i 5 % lanenog ulja ( $p = 0,004$ ), ( Tabela 38 i Slika 33 ).

**Tabela 38. Srednje vrednosti udela vode (%) u uzorcima šarana**

Uzorci	Voda (%)		
	Medijana (interkvartilni raspon)	Minimum / maksimum	p*
Kontrolna grupa	78,2 (77,8 – 78,3)	76,5 – 78,6	<b>0,003</b>
+ 2% lanenog ulja	78,0 (77,8 – 78,5)	77,5 – 78,7	
+ 3% lanenog ulja	78,9 (78,7 – 79,1)	78,7 – 79,1	
+ 4% lanenog ulja	78,2 (78,2 – 78,3)	78,2 – 78,3	
+ 5% lanenog ulja	79,2 (79,0 – 79,3)	79 – 79,3	
Kontrolna skupina vs. + 2% lanenog ulja			0,947 <sup>†</sup>
vs. + 3% lanenog ulja			<b>0,016</b> <sup>†</sup>
vs. + 4% lanenog ulja			0,926 <sup>†</sup>
vs. + 5% lanenog ulja			<b>0,001</b> <sup>†</sup>
+ 2% lanenog ulja vs. + 3% lanenog ulja			<b>0,044</b> <sup>†</sup>
vs. + 4% lanenog ulja			0,993 <sup>†</sup>
vs. + 5% lanenog ulja			<b>0,004</b> <sup>†</sup>
+ 3% lanenog ulja vs. + 4% lanenog ulja			0,331 <sup>†</sup>
vs. + 5% lanenog ulja			0,964 <sup>†</sup>
+ 4% lanenog ulja vs. + 5% lanenog ulja			0,097 <sup>†</sup>

\*Kruskal Wallis test; <sup>†</sup>Mann Whitney test



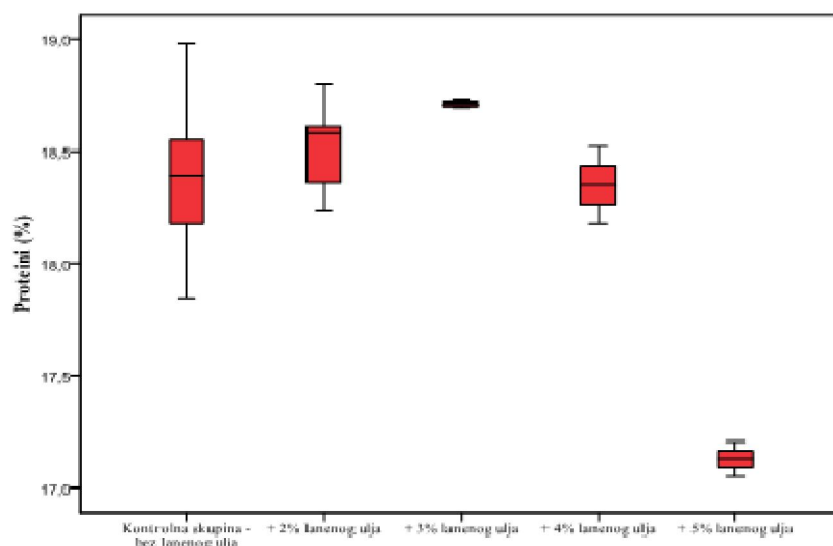
**Slika 33. Srednje vrednosti i interkvartilni raspon udela vode (%) u uzorcima šarana**

Udeo proteina ( %) u kontrolnoj grupi se kretao 17,9 do 18,9 %. Statistički značajno je najmanji udeo proteina (%) u uzorcima koji su hranjeni sa dodatkom 5% lanenog ulja i iznosi 17,1 (interkvartilnog raspona 17,1-17,2), (Kruskal Wallis test, p = 0,008). Značajna razlika je između kontrolne grupe i uzoraka šarana hranjenih sa dodatkom 5% lanenog ulja (Mann Whitney U test, p = 0,007). Razlike su značajne i između uzorka hranjenih sa dodatkom 2% lanenog ulja sa uzorcima uz dodatak 3% lanenog ulja (Mann Whitney U test, p = 0,018) i dodatkom 5% lanenog ulja (Mann Whitney U test, p = 0,016), (Tabela 39 i Slika 34).

**Tabela 39. Srednje vrednosti proteina (%) u uzorcima šarana**

Uzorci	Proteini (%)		
	Medijana (interkvartilni raspon)	Minimum / maksimum	p*
Kontrolna grupa	18,4 (18,2 – 18,6)	17,9 – 18,9	<b>0,008</b>
+ 2% lanenog ulja	18,6 (18,3 – 18,6)	14,4 – 18,8	
+ 3% lanenog ulja	18,7 (18,7 – 18,7)	18,7 – 18,73	
+ 4% lanenog ulja	18,4 (18,2 – 18,5)	18,1 – 18,5	
+ 5% lanenog ulja	17,1 (17,1 – 17,2)	17,1 – 17,2	
Kontrolna skupina vs. + 2% lanenog ulja			0,184 <sup>†</sup>
vs. + 3% lanenog ulja			0,070 <sup>†</sup>
vs. + 4% lanenog ulja			0,841 <sup>†</sup>
vs. + 5% lanenog ulja			<b>0,007<sup>†</sup></b>
+ 2% lanenog ulja vs. + 3% lanenog ulja			<b>0,018<sup>†</sup></b>
vs. + 4% lanenog ulja			0,159 <sup>†</sup>
vs. + 5% lanenog ulja			<b>0,016<sup>†</sup></b>
+ 3% lanenog ulja vs. + 4% lanenog ulja			0,051 <sup>†</sup>
vs. + 5% lanenog ulja			0,964 <sup>†</sup>
+ 4% lanenog ulja vs. + 5% lanenog ulja			0,196 <sup>†</sup>

\*Kruskal Wallis test; <sup>†</sup>Mann Whitney test



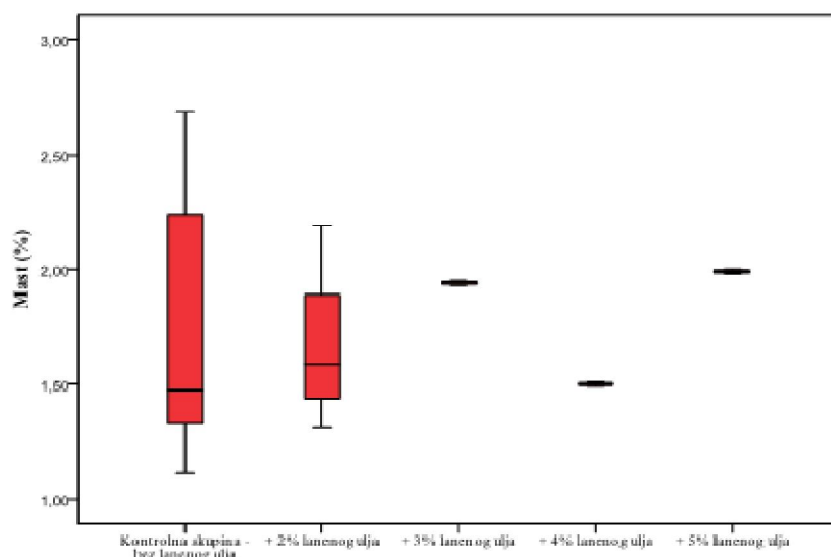
**Slika 34. Srednje vrednosti i interkvartilni raspon udela proteina (%) u uzorcima šarana**

Srednji udeo masti u kontrolnoj grupi je 1,48 % (interkvartilnog raspona 1,28-2,35). Iako postoje razlike u udelu masti prema tome, da li je je dodato laneno ulje u hranu u određenim procentima, ona nije statistički značajna. Kod uzoraka sa dodanih 3% ili 5 % lanenog ulja, srednje vrednosti udela masti se kreću oko 1,9 %. Značajnih razlika nema niti pojedinačno između grupa (Tabela 40 i Slika 35).

**Tabela 40. Srednje vrednosti masti (%) u uzorcima šarana**

Uzorci	Mast (%)		
	Medijana (interkvartilni raspon)	Minimum / maksimum	p*
Kontrolna grupa	1,48 (1,28 – 2,35)	1,11 – 2,69	0,300
+ 2% lanenog ulja	1,59 (1,41 – 1,97)	1,31 – 2,19	
+ 3% lanenog ulja	1,94 (1,93 – 1,95)	1,93 – 1,95	
+ 4% lanenog ulja	1,50 (1,49 – 1,5)	1,49 – 1,5	
+ 5% lanenog ulja	1,99 (1,98 – 2,0)	1,98 – 2,0	
Kontrolna skupina vs. + 2% lanenog ulja			0,531 <sup>†</sup>
vs. + 3% lanenog ulja			0,548 <sup>†</sup>
vs. + 4% lanenog ulja			0,762 <sup>†</sup>
vs. + 5% lanenog ulja			0,548 <sup>†</sup>
+ 2% lanenog ulja vs. + 3% lanenog ulja			0,167 <sup>†</sup>
vs. + 4% lanenog ulja			0,940 <sup>†</sup>
vs. + 5% lanenog ulja			0,167 <sup>†</sup>
+ 3% lanenog ulja vs. + 4% lanenog ulja			0,640 <sup>†</sup>
vs. + 5% lanenog ulja			0,998 <sup>†</sup>
+ 4% lanenog ulja vs. + 5% lanenog ulja			0,546 <sup>†</sup>

\*Kruskal Wallis test; <sup>†</sup>Mann Whitney test



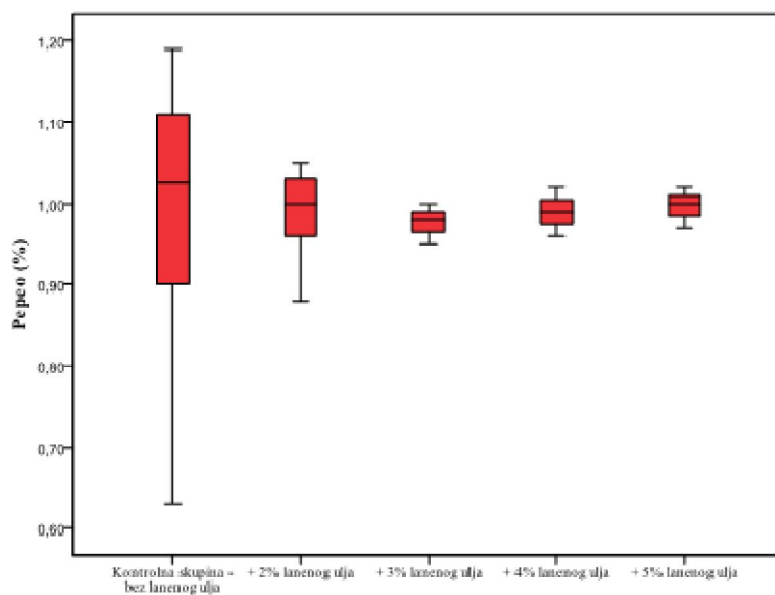
**Slika 35. Srednje vrednosti i interkvartilni raspon udela masti (%) u uzorcima šarana**

Udeo pepela u kontrolnoj grupi iznosio je 1,03 % (interkvartilnog raspona 0,9-1,11 %), što je podjednako svim ostalim grupama bez obzira na dodatak lanenog ulja (Tabela 41 i Slika 36).

**Tabela 41. Srednje vrijednosti pepela (%) u uzorcima šarana**

Uzorci	Pepeo (%)		
	Medijana (interkvartilni raspon)	Minimum / maksimum	p*
Kontrolna grupa	1,03 (0,9 – 1,11)	0,58 – 1,19	0,945
+ 2% lanenog ulja	1,0 (0,96 – 1,03)	0,88 – 1,05	
+ 3% lanenog ulja	0,98 (0,95 – 1,0)	0,95 – 1,03	
+ 4% lanenog ulja	0,99 (0,96 – 1,02)	0,96 – 1,02	
+ 5% lanenog ulja	1,0 (0,97 – 1,02)	0,97 – 1,02	
Kontrolna skupina vs. + 2% lanenog ulja			0,527 <sup>†</sup>
vs. + 3% lanenog ulja			0,725 <sup>†</sup>
vs. + 4% lanenog ulja			0,763 <sup>†</sup>
vs. + 5% lanenog ulja			0,841 <sup>†</sup>
+ 2% lanenog ulja vs. + 3% lanenog ulja			0,449 <sup>†</sup>
vs. + 4% lanenog ulja			0,920 <sup>†</sup>
vs. + 5% lanenog ulja			0,920 <sup>†</sup>
+ 3% lanenog ulja vs. + 4% lanenog ulja			0,513 <sup>†</sup>
vs. + 5% lanenog ulja			0,376 <sup>†</sup>
+ 4% lanenog ulja vs. + 5% lanenog ulja			0,658 <sup>†</sup>

\*Kruskal Wallis test; <sup>†</sup>Mann Whitney test



**Slika 36. Srednje vrednosti i interkvartilni raspon udela pepela (%) u uzorcima šarana**

Na Tabeli 42. prikazan je medijana i interkvartilni raspon masnih kiselina (%) u uzorcima šarana. Udeo masnih kiselina (%) C18:1 cis-9 statistički je značajno najniža u kontrolnoj grupi, i iznosi 35,4% (interkvartilnog raspona 34,71-39,33).

Povećanjem vrednosti lanenog ulja povećava se i udeo C18:1 cis-9 (Kruskal Vallis test,  $p = 0,018$ ).

Statistički najviša vrednost C20:0 je kod uzoraka hranjenih sa dodatkom od 5% lanenog ulja (Kruskal Vallis test,  $p = 0,007$ ).

Najniža vrednost C20:3  $\omega$ -3 je u kontrolnoj grupi i iznosi 0,22 % (interkvartilnog raspona 0,16-0,42 %), a značajno najviša u grupi koja se hrani s dodatkom 5 % lanenog ulja (Kruskal Vallis test ,  $p = 0,029$ ).

S obzirom na dodatak lanenog ulja u hrani, nema značajnih razlika kod ukupnih zasićenih masnih kiselina, kod mononezasićenih, polinezasićenih i omega - 6 kiselina.

**Tablica 42. Medijana i interkvartilni raspon masnih kiselina (%) u uzorcima šarana iz prve ogleadne grupe.**

Masne kiseline (%)	Medijana (interkvartilni raspon)					p*
	Kontrolna grupa	+ 2% lanenog ulja	+ 3% lanenog ulja	+ 4% lanenog ulja	+ 5% lanenog ulja	
C14:0	0,94 (0,86-0,99)	0,96 (0,91-1,02)	0,94 (0,71-1,1)	0,92 (0,68-1,09)	0,91 (0,68-1,08)	0,550
C15:0	0,17 (0,16-0,18)	0,17 (0,17-0,18)	0,17 (0,13-0,52)	0,21 (0,15-0,55)	0,16 (0,12-0,51)	0,102
C16:0	22,31 (19,83-24,09)	20,98 (20,15-21,86)	20,6 (15,41-15,88)	22,62 (16,91-17,4)	18,79 (14-14,58)	0,217
C16:1	5,05 (4,91-5,85)	5,5 (4,46-5,84)	4,92 (3,68-4,09)	4,43 (3,29-3,75)	4,58 (3,29-3,98)	0,137
C17:0	0,31 (0,26-0,31)	0,27 (0,26-0,3)	0,27 (0,2-0,6)	0,26 (0,15-0,63)	0,27 (0,2-0,6)	0,746
C18:0	5,3 (3,89-5,96)	4,47 (4,05-4,83)	4,97 (3,63-4,22)	6,01 (4,43-4,98)	4,75 (3,54-3,97)	0,163
<b>C18:1cis-9</b>	<b>35,43 (34,71-39,33)</b>	<b>37,17 (36,11-38,5)</b>	<b>41,93 (31,37-31,92)</b>	<b>40,8 (30,38-31,21)</b>	<b>42,55 (31,85-32,37)</b>	<b>0,018</b>
C18:1cis-11	4,94 (4,65-5,21)	4,79 (4,55-5,09)	-	-	-	0,465
C18:2 ω-6	14,53 (13,92-16,3)	15,81 (14,78-19,32)	16,02 (12-12,42)	15,48 (11,49-12,12)	16,93 (12,68-13,11)	0,358
C18:3 ω-6	0,26 (0,19-0,29)	0,22 (0,2-0,26)	0,25 (0,19-0,58)	0,25 (0,18-0,58)	0,2 (0,15-0,54)	0,636
C18:3 ω-3	0,16 (0,13-0,21)	0,14 (0,12-0,19)	0,13 (0,09-0,49)	0,11 (0,07-0,48)	0,14 (0,11-0,5)	0,164
<b>C20:0</b>	<b>0,59 (0,44-0,73)</b>	<b>1,71 (1,58-2,13)</b>	<b>1,78 (1,33-1,73)</b>	<b>2,01 (1,47-1,94)</b>	<b>2,86 (2,14-2,55)</b>	<b>0,007</b>
C20:1	2,32 (2,22-2,68)	2,45 (1,89-2,55)	2,59 (1,94-2,34)	2,82 (2,09-2,52)	2,53 (1,88-2,3)	0,145
C20:2	0,48 (0,4-0,49)	0,46 (0,35-0,5)	0,5 (0,37-0,77)	0,57 (0,41-0,84)	0,49 (0,36-0,77)	0,150
C20:3 ω-6	0,75 (0,73-1,02)	0,66 (0,61-0,77)	0,72 (0,53-0,94)	0,67 (0,48-0,91)	0,64 (0,46-0,9)	0,161
<b>C20:3 ω-3</b>	<b>0,22 (0,16-0,42)</b>	<b>0,52 (0,5-0,6)</b>	<b>0,50 (0,37-0,78)</b>	<b>0,47 (0,35-0,75)</b>	<b>0,52 (0,38-0,78)</b>	<b>0,029</b>
C20:4 ω-6	2,44 (1,47-3,34)	1,7 (1,44-1,85)	1,69 (1,26-1,66)	1,37 (0,96-1,48)	1,45 (1,08-1,48)	0,178
C20:5 ω-3	0,24 (0,18-0,27)	0,2 (0,15-0,23)	0,22 (0,16-0,57)	-	0,25 (0,18-0,58)	0,421
C22:5 ω-3	0,2 (0,16-0,26)	0,19 (0,18-0,22)	0,21 (0,14-0,57)	-	0,22 (0,16-0,57)	0,735
C22:6 ω-3	2,19 (1,52-2,66)	1,6 (1,53-2,1)	1,64 (1,22-1,63)	1 (0,62-1,26)	1,57 (1,16-1,59)	0,113

\*Kruskal Wallis test

Kod omega - 3 kiselina najveća srednja vrednost je kod uzoraka koji u hrani imaju dodano 5% lanenog ulja i iznosila je 5,41% ( interkvartilnog raspona 4,04-13,16 %). Odnos omega - 3 i omega - 6 masnih kiselina značajno se povećava povećanjem udela lanenog ulja u ishrani šarana. Srednja vrednost se menja od 0,21 ( interkvartilnog raspona 0,16-0,24 % ) u kontrolnoj grupi do 0,30% ( interkvartilnog raspona 0,23-9,3 % ) u grupi sa dodatkom 5% lanenog ulja ( Kruskal Vallis test = 0,003 ).

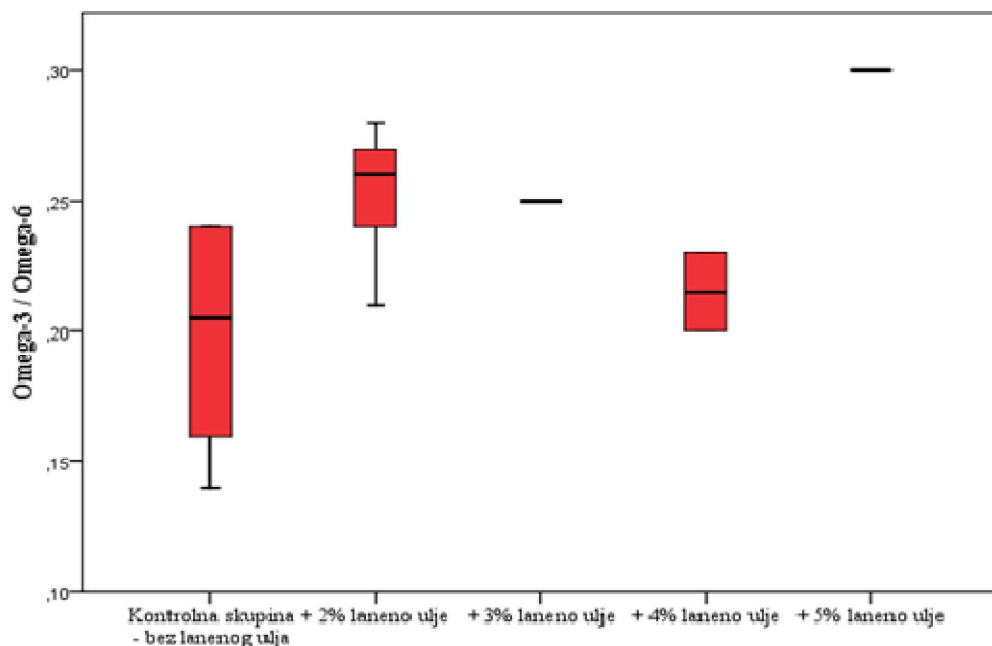
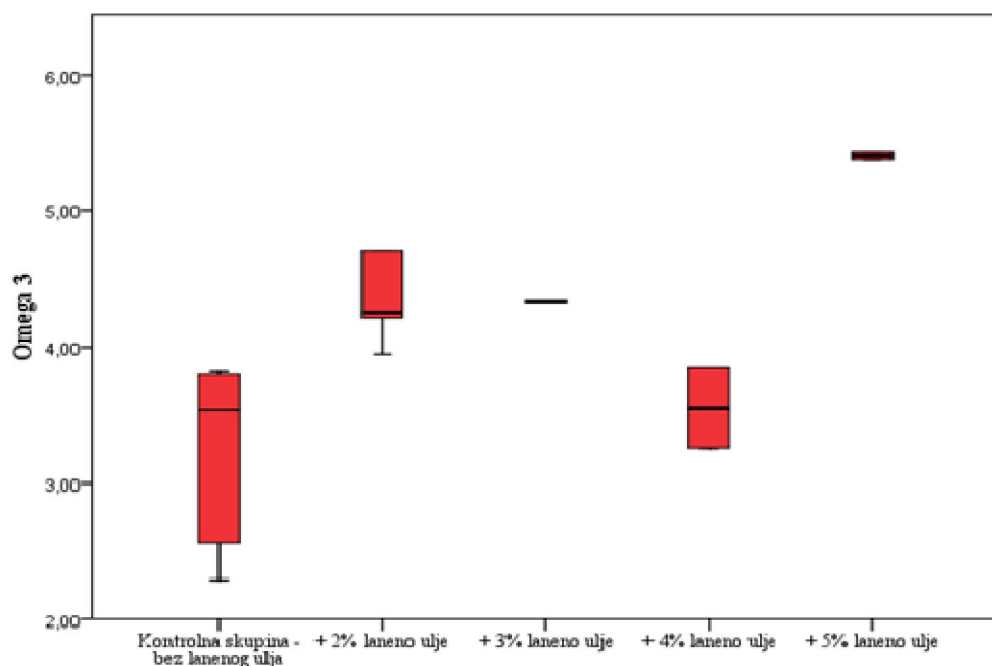
Vrednost holesterola se značajno ne menja dodavanjem lanenog ulja u ishranu ( Tabela 43 i Slika 37 i Slika 38 ).

**Tabela 43. Medijana i interkvartilni raspon masnih kiselina (%) i holesterola (mg/100g) u uzorcima šarana (prema grupama)**

Masne kiseline (%)	Medijana (interkvartilni raspon)					p*
	Kontrolna grupa	+ 2% lanenog ulja	+ 3% lanenog ulja	+ 4% lanenog ulja	+ 5% lanenog ulja	
Ukupne zasićene	29,35 (25,22-31,65)	26,94 (25,97-28,53)	27,2 (20,34-29,54)	30,25 (22,58-31,86)	25,06 (18,73-27,94)	0,122
Mononezasićene	48,06 (46,47-52,36)	48,61 (46,94-51,08)	49,43 (36,98-46,24)	48,04 (35,75-45,38)	49,66 (37,01-46,55)	0,734
Polinezasićene	19,82 (17,84-21,35)	21,54 (20,18-25,2)	21,7 (16,25-25,37)	20,37 (14,96-24,66)	23,61 (17,7-26,79)	0,279
ω-6	16,07 (15,41-17,68)	17,13 (16,06-20,57)	17,36 (13,01-22,11)	16,81 (12,52-21,78)	18,2 (13,64-22,74)	0,398
ω-3	3,54 (2,49-3,81)	4,25 (4,15-4,97)	4,34 (3,25-12,34)	3,56 (2,45-11,97)	5,41 (4,04-13,16)	<b>&lt;0,001</b>
Odnos ω-3 /ω-6	0,21 (0,16-0,24)	0,26 (0,23-0,27)	0,25 (0,19-9,27)	0,22 (0,15-9,25)	0,3 (0,23 - 9,3)	<b>0,003</b>
Holesterol (mg/100g)	35,87 (34,84-42,93)	38,97 (34,32-50,78)	38,82 (26,96-40,35)	46,56 (32,93-45,99)	35,07 (25-36,68)	0,609

\*Kruskal Wallis test





**Slika 37 i 38. Medijana i interkvartilni raspon Omega-3 (Kruskal Wallis test.  $p < 0,001$ ) i odnos Omega-3/Omega-6 masnih kiselina (Kruskal Wallis test,  $p = 0,003$ ) prema grupama**

Mann Whitney U testom dokazane su statistički značajne razlike u poređenju ukupnih zasićenih masnih kiselina u uzorcima sa 2% lanenog ulja vs. 3% lanenog ulja ( $p = 0,046$ ) i sa vs. 5% lanenog ulja ( $p = 0,041$ ). Omega-3 masne kiseline značajno se razlikuju upoređujući kontrolnu grupu sa uzorcima kojima je u hranu dodano 2% lanenog ulja ( $p = 0,004$ ), 3%

lanenog ulja ( $p = 0,046$ ), 5% lanenog ulja ( $p = 0,043$ ) te upoređujući uzorke s 2% lanenog ulja i 4% lanenog ulja ( $p = 0,046$ ).

Odnos omega-3 i omega-6 masnih kiselina značajno se razlikuje upoređujući kontrolnu grupu vs. 2% lanenog ulja ( $p = 0,024$ ), vs. 3% lanenog ulja ( $p = 0,040$ ) te vs. 5% lanenog ulja ( $p = 0,042$ ), kao i upoređujući uzorke s dodanih 2% lanenog ulja sa dodanih 5% lanenog ulja ( $p = 0,041$ ).

U vrednostima holesterola, mononezasićenih, polinezasićenih masnih kiselina i omega-6 nema statistički značajne razlike između grupa (Tabela 44).

**Tabela 44. Medijana i interkvartilni raspon masnih kiselina (%) i holesterola (mg/100g) u uzorcima šarana (između grupa)**

Masne kiseline (%)	Kontrolna grupa vs. + 2% lanenog ulja	vs. + 3% lanenog ulja	vs. + 4% lanenog ulja	vs. + 5% lanenog ulja	+ 2% lanenog ulja vs. + 3% lanenog ulja	vs. + 4% lanenog ulja	vs. + 5% lanenog ulja	+ 3% lanenog ulja vs. + 4% lanenog ulja	vs. + 5% lanenog ulja	+ 4% lanenog ulja vs. + 5% lanenog ulja
Zasićene	0,337	0,505	0,505	0,182	0,998	<b>0,046</b>	<b>0,041</b>	0,121	0,121	0,122
Mononezasićene	0,749	0,505	0,739	0,505	0,505	0,505	0,505	0,121	0,439	0,333
Polinezasićene	0,109	0,182	0,505	0,182	0,986	0,505	0,505	0,333	0,121	0,121
$\omega$ -6	0,200	0,182	0,317	0,182	0,994	0,998	0,634	0,333	0,121	0,121
$\omega$ -3	<b>0,004</b>	<b>0,046</b>	0,505	<b>0,043</b>	0,505	<b>0,046</b>	0,182	0,130	0,121	0,102
Odnos $\omega$ -3 / $\omega$ -6	<b>0,024</b>	<b>0,040</b>	0,866	<b>0,042</b>	0,500	0,094	<b>0,041</b>	0,102	0,083	0,330
Holesterol (mg/100g)	0,873	0,505	0,182	0,505	0,950	0,505	0,317	0,121	0,439	0,102

\*Mann Whitney U test

U drugom ogledu rađeno je poređenje uticaja dodatka lanenog ulja – 6% (D1) i dodatka ribljeg ulja -2% u odnosu na dodatak sojinog ulja – 6% (kontrolna grupa – K), na efekte masno kiselinskog sastava mesa šarana iz oglednih grupa. Ovi rezultati prikazani su u tabelama 45 i 46.

**Tabela 45. Masnokiselinski sastav hrane iz drugog ogleđa**

Masne kiseline (%)	Eksperimentalne grupe		
	Kontrolna grupa- K +6% sojinog ulja	Eksperimentalna grupa D1+6% lanenog ulja	Eksperimentalna grupa D2 +6 % ribljeg ulja
C14:0	0,50	0,52	3,02
C16:0	11,37	8,29	12,48
C16:1	0,61	0,54	3,31
C18:0	4,63	3,40	2,99
C18:1cis-9	23,81	<b>22,67</b>	<b>23,60</b>
C18:1cis-11	1,36	1,0	2,30
C18:2 ω-6	47,31	32,69	19,26
C20:0	0,45	0,26	0,32
C18:3 ω-6	0,11	-	0,56
C20:1	0,85	0,82	4,29
C18:3 ω3	5,70	<b>25,62</b>	<b>2,83</b>
C20:2	-	0,24	1,52
C22:0	0,40	0,32	-
C20:3 ω-6	0,83	0,84	4,58
C22:1ω-9	-	-	-
C20:3ω-3	-	-	4,64
C20:4ω-6	-	-	0,31
C22:2	0,08	0,06	0,97
C24:0	0,18	0,23	-
C20:5 ω3	0,51	0,68	3,88
C24:1	-	-	0,5
C22:5 ω6	-	0,34	1,62
C22:6 ω3	1,30	1,49	7,01
SFA	17,53	13,02	18,81
MUFA	26,62	25,03	34,0
PUFA	55,85	31,95	47,18
PUFA/SFA	3,19	4,76	2,51
Σ ω3	7,51	27,78	18,36
Σ ω6	48,26	33,87	26,33
ω6/ ω3	6,43	1,22	1,43

U tabeli su prikazane srednje vrednosti datih parametara.

**Tabela 46. Masnokiselinski sastav mesa šarana iz drugog ogleđa**

Masne kiseline (%)	Eksperimentalne grupe		
	Kontrolna grupa- K +6% sojinog ulja	Eksperimentalna grupa D1+6% lanenog ulja	Eksperimentalna grupa D2 +6 % ribljeg ulja
C14:0	0,76	0,11	2,05
C16:0	15,95	13,82	9,08
C16:1	5,50	0,42	0,40
C18:0	5,61	4,97	3,22
C18:1cis-9	42,53	40,96	40,26
C18:1cis-11	-	-	-
C18:2 ω-6	20,12	17,91	14,14

C20:0	0,18	0,34	0,04
C18:3 ω-6	0,51	0,35	0,56
C20:1	0,12	-	-
C18:3 ω3	1,82	6,59	2,72
C20:2	2,29	0,23	0,38
C22:0	0,1	0,14	0,37
C20:3 ω-6	0,57	0,79	0,63
C22:1 ω-9	0,36	0,54	6,43
C20:3 ω-3	0,53	0,34	2,18
C20:4ω-6	0,04	1,46	1,91
C22:2	0,14	1,66	0,36
C24:0	1,44	0,57	0,75
C20:5 ω3	0,22	0,52	3,80
C24:1	-	-	-
C22:5 ω6	-	-	-
C22:6 ω3	0,76	1,15	2,36
SFA	24,59	26,91	23,36
MUFA	48,7	42,09	47,62
PUFA	24,5	30,77	28,68
PUFA/SFA	0,99	1,14	1,23
Σ ω3	3,33	8,6	11,06
Σ ω6	21,24	20,51	17,24
ω6/ ω3	6,38	2,38	1,56

U tabeli su prikazane srednje vrednosti datih parametara.

Rezultati naših istraživanja u pogledu koncentracije zasićenih masnih kiselina (Tabela 43) varirali su od 29,35% u kontrolnoj grupi koja je hranjena krmnom smešom bez dodatka lanenog ulja do 25,06% u 4. oglednoj grupi koja je dobijala smeši 5% lanenog ulja. Našim istraživanjima je dokazano da se povećanjem lanenog ulja u krmne smeše smanjivao sadržaj mononezasićenih masnih kiselina, osim neobjašnjivog povećanja u trećoj eksperimentalnoj grupi koja je hranjena krmnom smešom sa 4% dodatka lanenog ulja. Rezultati naših istraživanja u pogledu mononezasićenih masnih kiselina u mesu šarana skladu su sa istraživanjem Čulin, (2011) u ekstenzivnom i poluintenzivnom ribnjačkom gajenju. Navedeni autor navodi da je uz prirodnu hranu šaran u poluintenzivnom sistemu gajenja hranjen kukuruzom i ječmom. Slične rezultate sadržaja mononezasićenih masnih kiselina u mesu šarana utvrđeni su u istraživanjima Guler et al., (2007). Neznatno niže vrednosti ukupnih zasićenih masnih kiselina u mesu šarana zabeležene su u istraživanjima Kminkova et al., (2001) i Buchtova et al., (2007).

Sadržaj omega 6 masnih kiselina u mesu šarana (Tabela 43) menjale su se u našim istraživanjima od 16,07% u kontrolnoj grupi do 18,2% u 4. eksperimentalnoj grupi. Iz

navedenih podataka vidljivo je da su se omega-6 masne kiseline povećavavale s dodatkom lanenog ulja u krmnim smešama. Najviše vrednosti zabeležene su u 4. eksperimentalnoj grupi koja je hranjena smešom s dodatkom 5% lanenog ulja. Značajno niže vrednosti izmerene su u istraživanjima Čulin, (2011) u ekstenzivnom (6,58%) i poluintenzivnom sistemu gajenja (8,36%). Na niže vrednosti omega-6 masnih kiselina u navedenom istraživanju uticao je način ishrane. Gotovo iste vrednosti ukupnih masnih omega-6 masnih kiselina utvrđene su u istraživanju Guler et al., (2007) i Kalyoncu et al., (2010) u mesu šarana koji je uzgajan u otvorenim vodama.

U drugom ogledu sprovedenom na Tikveškom jezeru kao što je i očekivano najviši procenat C18:3  $\omega$ 3 (ALA) detektovan je u grupi D1 sa dodatkom 6% lanenog ulja. Najviši procenat C18:2  $\omega$ 6 (LA) detektovan je u kontrolnoj grupi K, zatim u mesu šarana iz grupe sa dodatkom 6% lanenog ulja, a najniži u mesu šarana iz grupe D2 (14,4%). Sadržaj EPA bio je najviši u grupi D2 (3,80), zatim u grupi D1 (0,52), a najniži u K grupi (0,22). Sadržaj DHA bio je najviši u grupi D2 (2,36), zatim u grupi D1 (1,15), a najniži u K grupi (0,76). Sadržaj SFA u k grupi je bio 24,59; u D2 23,36 a u D1 je bio najviši i iznosio 26,91. Sadržaj MUFA se kretao u rasponu 42,09 (D1) – 48,7 (K). Sadržaj PUFA bio je najviši u grupi D1 (30,77) a najniži u K grupi (24,5). Odnos PUFA/SFA je bio povoljan u svim eksperimentalnim grupama i kretao se od 0,99 (K) do 1,23 (D2). Odnos  $\omega$ 6/  $\omega$ 3 bio je najpovoljniji u grupi D2 (1,56), zatim u grupi D1 (2,38) što odgovara preporukama da ovaj odnos ne treba da prelazi 4.

Upoređujući analizirane vrednosti omega-3 masnih kiselina u našim istraživanjima s rezultatima koja su utvrđena u istraživanju Sadowski et al., (2000) i Bogut et al., (2007) u pogledu ukupnih omega-3 masnih kiselina zapažaju se identične ili više vrednosti zavisno o koncentraciji masnih kiselina u krmnim smešama. Iz analiziranih uzoraka mesa šarana vidljivo je da je u svim do sada sprovedenim istraživanjima na sadržaj omega-3 masnih kiselina u mesu šarana u korelaciji sa sadržajem omega-3 masnim kiselinama u hrani (Bogut et al., (2007), Guler et al.,(2007), Kalioncu et al., (2010), Čulin, (2011).

Najbolji odnos omeg-3 i omega-6 masnih kiselina zabeležen je u 3. eksperimentalnoj grupi, a iznosio je 0,22. Nešto lošiji odnosi zabeleženi su u ostalim eksperimentalnim grupama uključujući i kontrolnu grupu (Tabela 43). Dodatak lanenog ulja u krmne smeše u količini od 2%, 3%, 4% i 5% povoljno je uticao na odnos omega-3 i omega-6 masnih kiselina. Meso tako hranjenog šarana može se svrstati u funkcionalnu hranu koja osigurava bolje zdravlje potrošača i zaslužuje višu cenu na tržištu.

## 6. ZAKLJUČCI

Na osnovu istraživanja ishrane dvogodišnje šaranske mladi peletiranom krmnom smešom s dodatkom lanenog ulja u količini 0%, 2%, 3%, 4% i 5% u prvom ogledu kao i peletiranom krmnom smesom sa dodatkom sojinog, lanenog i ribljeg ulja u količini od 6%, i njegovog uticaja na proizvodne rezultate i sadržaj masnih kiselina u mesu mogu se izvesti sledeći zaključci:

1. Temperature vode tokom istraživanog perioda varirale su u povoljnim i dozvoljenim vrednostima za uzgoj ciprinidnih riba, a menjale su se od 16 °C septembru do 29,2 °C u avgustu.

2. Koncentracije rastvorenog kiseonika u vodi jezera Grabovo varirale su od 3,5 mg·l<sup>-1</sup> u avgustu do 7,1 mg·l<sup>-1</sup> u septembru i varirale su donjim dozvoljenim vrednostima. Ostali praćeni fizičko-hemijski parametri (CO<sub>2</sub>, alkalitet vode, pH vode, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, organsko zagađenje) kretali su se u dozvoljenim vrednostima za uzgoj ciprinidnih vrsta riba.

3. Najveća prosečna telesna masa šarana u iznosu od 519,7 g·kom<sup>-1</sup> postignuta je u četvrtoj eksperimentalnoj grupi, koja je u hrani dobijala 5% lanenog ulja, a najniža u kontrolnoj grupi 484,3 g·kom<sup>-1</sup> koja je hranjena krmnom smesom bez dodatka lanenog ulja. Razlike u prosečnim telesnim masama šarana između kontrolne i eksperimentalnih grupa, osim druge i treće bile su statistički visoko značajne (P <0,01).

4. Ishrana šarana peletiranim krmnim smešama sa dodatkom lanenog ulja u količini od 2%, 3%, 4% i 5% pozitivno je uticala na specifičnu brzinu rasta, koja se menjala od 1,18%·dan<sup>-1</sup> u kontrolnoj do 1,27%·dan<sup>-1</sup> u četvrtoj eksperimentalnoj grupi. Specifična brzina rasta 4. eksperimentalne grupe bila je za 8,54% viša u poređenju sa kontrolnom grupom.

5. Najpovoljnija konverzija hrane u iznosu od 1,59 g·g<sup>-1</sup> prirasta ostvarena je u 4. eksperimentalnoj grupi koja je u hrani dobijala 5% lanenog ulja, zatim slede ribe 3., 2., i 1. grupe kod kojih je konverzija hrane iznosila 1,79; 1,76; 1,93 g·g<sup>-1</sup> prirasta. Najlošija konverzija hrane utvrđena je u kontrolnoj grupi, a iznosila je 2,16 g·g<sup>-1</sup>. Statistički značajna razlika (P <0,05) u pogledu konverzije hrane utvrđena je između kontrolne i 1. eksperimentalne grupe, a visoko signifikantne razlike između kontrolne i 2., 3. i 4. eksperimentalne grupe (P <0,01).

6. Ishrana šarana peletiranim krmnim smešama sa dodatkom lanenog ulja uticala je na uginuća šarana tokom istraživanja. Najmanji broj uginuća zabeležen je u 4. eksperimentalnoj grupi koja je u hrani dobijala 5% lanenog ulja, a iznosio je 27 komada ili 15%. Za isti uzgojni period najveći broj uginuća utvrđen je u kontrolnoj grupi koja je hranjena hranom bez dodatka lanenog ulja, a iznosila je 39 komada ili 21,66%.

7. Ishrana šarana peletiranim krmnim smešama sa dodatkom lanenog ulja u količini od 2%, 3%, 4% i 5% signifikantno i visokosignifikantno je uticala na sadržaj vode i proteina u mesu, dok statistički značajne razlike nisu utvrđene između pojedinih eksperimentalnih grupa dodatkom različitih koncentracija lanenog ulja.

8. Ishrana šarana peletiranom hranom sa dodatkom lanenog ulja u količini od 2% do 5% nije imala statistički značajan uticaj na razlike ukupnih zasićenih, mononezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina omega-6 serije, bez obzira na procenat dodatog ulja u hranu.

9. Sadržaj omega-3 masnih kiselina u mastima šarana u prvom ogledu kretao se od 3,54% u kontrolnoj grupi, do 5,41% u četvrtoj eksperimentalnoj grupi. Povećanjem dadanog lanenog ulja u hranu od 2% do 5% upravo proporcionalno se povećavala koncentracija omega-3 masnih kiselina u telesnim mastima šarana. Statistički visoko značajne razlike utvrđene su između kontrolne grupe koja nije hranjena smešom s dodatkom lanenog ulja i svih ostalih eksperimentalnih grupa. Statistički značajne razlike utvrđene su između prve eksperimentalne grupe (2% lanenog ulja) i četvrte eksperimentalne grupe koja je hranjena smesom s 5% lanenog ulja.

10. U drugom ogledu sadržaj omega-3 masnih kiselina u mesu šarana bio je značajno veći u grupama D1 i D2 u odnosu na kontrolnu grupu.

11. Odnos omega-3 i omega-6 masnih kiselina statistički je visoko signifikantan između kontrolne i svih eksperimentalnih grupa, kao i između prve i četvrte eksperimentalne grupe u prvom ogledu. Četvrta probna grupa koja je hranjena krmnom smešom s dodatkom 5% lanenog ulja u pogledu odnosa omega-3 i omega-6 masnih kiselina ima prednost.

12. Na osnovu rezultata dobijenih iz drugog ogleda odnos  $\omega_6/\omega_3$  masnih kiselina je bio najpovoljniji u grupi D2 (riblje ulje), zatim u grupi D1 (laneno ulje), a najnepovoljniji u kontrolnoj grupi (Sojino ulje). Navedeni odnos u grupama D1 i D2 je odgovarao preporukama nutricionista.

13. Na osnovu rezultata analize mesa šarana dobijenih u drugom ogledu može se zaključiti da je upotreba lanenog ulja u hrani za ribe opravdana, naročito ako se uzme u obzir poređenje sa rezultatima pri ishrani riba sa sojinim uljem.



## 7. LITERATURA

1. Abbass, F. A. (2006). Effect of Dietary Oil Sources and Levels on Growth , Feed Utilization and Whole-Body Chemical Composition of Common Carp, *Cyprinus carpio* L Fingerlings, *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, vol. 19, No. 5, 112-123
2. Adam, O. (1989). Linoleic nad linolenic acids intake. In: *Dietary  $\omega$ -3 and  $\omega$ -6 fatty acids: Biological effects and nutritional essentiality. Series A: Life Sciences. Vol 171*
3. Adamek, Z., Vostradovsky, J., Dubsy, K., Novaček, J., Hartvich, P. (1995). *Rybarství ve volných vodách*. Victoria Publishing, Praha
4. Akpinar, Ali M., Gorgun, S., Akpinar Ali E. (2009). A comparative analysis of fatty acid profiles in the liver and muscles of male and female *Salmo trutta macrostigma*, *Food Chem*, volume 112, Issue 1, 6-8
5. Albrecht, M. L. (1974). Untersuchungen zur Kälteadaptation von Warmwasserkarpfen (*Cyprinus Carpio* L.) *Z. Binnenfischerei DDR* 21: 103-114
6. Anderson, G. J., Connor, W. E., Corliss, J. D., Lin, D. S. (1989). Rapid modulation of the n-3 docosahexaenoic acid levels in the brain and retina of the newly hatched chick. *The Journal of Lipid Research*, 30, 433-441
7. Asaj, A. (2004). *Ekološko-higijenska polazišta u šaranskim ribnjačarstvima*. Medicinska naklada Zagreb
8. Babin, P. J., Vernier, J. M. (1989). Plasma-lipoproteins in fish. *Journal of Lipid research*, 30(4), 467-489
9. Bast, A., Haenen, G. (2003). Lipoic acid: A multifunctional antioxidant (Reprinted from *Thiol Metabolism and Redox Regulation of Cellular Functions*). *Biofactors* 17(1-4), 207-213
10. Beamish, F.W.H. (1964). Respiration of fishes with special emphasis on standard oxygen consumption. II. Influence of weight and temperature on respiration of several species. *Can. J. Zool.* 42: 177-188
11. Bean, L.D., Leeson, S. (2003). Long-term effects of feeding flaxseed on performance and egg fatty acid composition of brown and white hens. *Poult Sci.* 82(3), 388-394
12. Bell, J. G., Tocher, D. R., Farndale, B. M., Cox, D. I., McKinney, R. W. & Sargent, J. R. (1997). The effect of dietary lipid on polyunsaturated fatty acid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar*) undergoing Parr-Smolt transformation. *Lipids* 32(5), 515-525

13. Benatti, P., Peluso, G., Nicolai, R., Calvani, M. (2004). PUFA-Biochemical, Nutritional and Epigenetic Properties, Journal of American College of Nutrition, Vol. 23, No. 4, 281-302
14. Berg, J.M, John L. Tymoczko, J.L., Stryer, L. (2007). Biochemistry, 6th Edition, W. H. Freeman and Company, New York, USA
15. Bieniarz, K., Koldras, M, Kaminski, J., Mejza, T. (2001). Fatty acid, fat and cholesterol in some lines of carp (*Cyprinus Carpio* L.) in Poland, Arch. Pol. Fish, vol. 9, 5-24
16. Bogut, A., Škrtić, Z., Galović, Dalida, Pavličević, J., Glamuzina, B., Bogut, I. (2010). Nutritivna i protektivna vrijednost ribljeg mesa, Zbornik radova: "BH-FISH 2010". Konjic : Centar za ribarstvo "Neretva" Konjic, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu, Norveški univerzitet za životne nauke Aas, Norveška, TIKATurska uprava za međunarodnu suradnju i razvoj Ankara, Turska, str. 211-229
17. Bogut, I. (1995). Utjecaj linolenske kiseline (18: 3 $\omega$ -3) na biotehnoške rezultate uzgoja somovskog mlađa (*Silurus glanis*) u kaveznim uvjetima. Doktorska disertacija . Poljoprivredni fakultet Osijek, 1-148
18. Bogut, I., Adamek, Z., Puškadija, Z., Galović, D., Bodakoš, D. (2010). Hranidbena vrijednost planktonskog račića *Daphnia magna* za hranidbu šaranske mlađi (*Cyprius carpio*) Ribarstvo 68 (1), 1-10
19. Bogut, I., Bodakoš, D., Magovac, R., Sabo, D., Galović, D. (2007). Sadržaj hranjivih tvari i profil masnih kiselina u mesu dunavskog, ribnjačkog i intenzivno uzgajanog šarana, 1. Savetovanje o slatkovodnom ribarstvu sa međunarodnim sudjelovanjem: Osnovne značajke hrvatskog slatkovodnog ribarstva- Analiza slatkovodnog ribarstva, Zbornik radova, Vukovar, 31-38
20. Bogut, I., Grbavac, J., Križek, I. (2013). Morfofiziologija probavnog sustava domaćih životinja i riba, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku; Sveučilište u Mostaru; 383 str.
21. Bogut, I., Has-Schon, E., Adamek, Z., Rajković, V., Galović, D. (2007). *Chironomus plumosus* larvae-a suitable for freshwater farmed fish, Agriculture, 13(1), 159-162
22. Bogut, I., Bavčević, L., Galović, D., Župan, B. (2014). Hranidba riba ( u tiskanju)
23. Bohl, M. (1982). Zuht und production von Süßwasser-fishen, DLG-Verlag, Frankfurt (Main)
24. Bourre, J.-M. (2005). Where to find omega-3 fatty acids and how feeding animals with diet enriched in omega-3 fatty acids to increase nutritional value of derived products for human: what is actually useful?The Journal of Nutrition, Health & Aging. Volume 9, Number 4

25. Boyd, C. E. (1979). Water quality in warmwater fish ponds. Auburn University
26. Boyd, C. E. (1982). Water Quality Management for Pond Fish Culture. Elsevier Sci. Publ. Co. Amsterdam
27. Boyd, C. E., Tucker, C. S. (1998). Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers
28. British Nutrition Foundation (1992). Task force on unsaturated fatty acids. London. Chapman and Hall
29. Brozić, D., Starčević, K., Mašek T. (2014). Metabolizam lipida i masnokiselinski profil tkiva kunića; utjecaj spola. Lipid metabolism and fatty acid profile of rabbit meat; influence of gender. XXI međunarodno savjetovanje Krmiva, Zbornik radova
30. Buchtova, H., Svobodova, Z., Križek, M., Vacha, F., Kocour, M., Velišek, J. (2007). Fatty acid composition in intramuscular lipids of Experimental Scaly Crossbreds in 3-year Old Common carp (*Cyprinus carpio* L), *Acta Vet. Brno*, 76: 73-81
31. Bulut, S. (2002). Investigation of fatty acids and cholesterol levels in muscle tissue of *Cyprinus carpio* L, inhabiting different areas, Ph. D. Thesis
32. Burr, G. Q., Burr, M. M. (1929). A new deficiency disease produced by the rigid exclusion of fat from the diet. I. *Biol. Chem.* 82, 345-367
33. Burr, G. Q., Burr, M. M. (1930). On the nature and role of the fatty acids essential in nutrition I. *Biol. Chem.* 86, 587-621
34. Buzzi, M., Henderson, R. J. & Sargent, J. R. (1997). Biosynthesis of docosahexaenoic acid in trout hepatocytes proceeds via 24-carbon intermediates. *Comparative Biochemistry and Physiology B-Biochemistry & Molecular Biology* 116(2), 263-267
35. Cai, Z., Curtis, L. A. (1989). Effect of Diet on Consumption, Growth and Fatty Acid Composition in Young Grass Carp. *Aquaculture* 81, 47-60
36. Calvani, M., P. Benatti (2003). Polyunsaturated fatty acids. Sigma-tau S. p. A – Scientific Department
37. Cantoni, C., Berbetta, G., Calcinaroli, C. (1999). Aminoacids in the flesh skin of freshwater fish. *Archivo V. Italiano* 26, (3-4), 87-81
38. Castell, J. D., Sinnhuber, R. O., Lee, D. J., Wales, J. H. (1972). Essential fatty acids in the diet of rainbow trout physiological symptoms of EFA deficiency. *J. Nutrition* 102, 87-92
39. Castell, J. D., Sinnhuber, R. O., Wales, J. H., Lee, D. J. (1972 a). Essential fatty acids in the diet of rainbow trout growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms *J. Nutrition* 102, 77-85

40. Cherian, G., Sim, J. S. (1991). Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty acid composition of eggs, embryos and newly hatched chicks. *Poult. Sci.*, 70 (4), 917–922
41. Church, D. C., Pond, W. G. (1976). *Basic animal nutrition and feeding*. D. C. Church publish., Corvallis, Oregon
42. COMA (Committee on Medical Aspects of Food Policy) (1991). *Dietary Reference Values for Food Energy and Nutrients for the United Kingdom. Report of the Panel of Dietary Reference Values of the Committee on Medical Aspects of Food Policy*. Department of Health, Report on Health and Social Subjects 41, London, HMSO
43. Csengeri I. (1996). Dietary effects on fatty acid metabolism of common carp. *Arch Tierernahr.*; 49(1), 73-92
44. Csengeri, I. (1993). Dietary effects in the fatty acid metabolism of common carp. Workshop on the fatty acid metabolism in the carp, Summary, 6-9 September Budapest 1993
45. Csengeri, I., Farkas, T., Majoros, F., Olah, J., Szalay, M. (1978). Effect of feeds on the fatty acid composition of carp (*Cyprinus carpio* L.) *Aquacultura Hungarica* 1, 24-34
46. Csengeri, I., Majoros, F., Olah, J., Farkas, T. (1977). Investigation of essential fatty acid requirement of carp. Intern. sem. on Fish Nutrition and Diet Development, 19-24. Sep. 1977, Szarvas: 93-113
47. Csengeri, I., Olah, J., Majoros, F., Farkas, T. (1979). Investigations on the essential fatty acid requirement of carp (*Cyprinus carpio*). Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg 20-23 June, 1978. Vol. I, Berlin, 154-173
48. Čulin, S. (2011). Razlike sadržaja masti i masnih kiselina u mesu konzumnog šarana ovisne o godišnjem dobu i načinu uzgoja / doktorska disertacija, Mostar : Agronomski i prehrambeno-tehnološki fakultet, 17.06.2011. 154 str. Voditelj: Bogut, Ivan ; Has-Schön, Elizabeta.
49. Ćirković, M., Trbović, D., Ljubojević, D. (2011). Meat quality of fish farmed in polyculture in carp ponds in Republic of Serbia. *Tehnologija mesa* 52, 1, 106-121.
50. Ćirković, M., Ljubojević, D., Đorđević, V., Novakov, N., Petronijević, R. (2011 b). Fatty acid composition of herbivorous fish species. Vth International Conference BALNIMALCON 2011 (Xth International Symposium of Animal Biology and Nutrition & 40th International Session of Scientific Communications of the Faculty of Animal Science), CD PROCEEDINGS (Improvement and diversification of Balkan

- animal production within the European context), 19-21. 10. 2011. Bukurešt, Rumunjska
51. Dickson, I.W., Kramer, R.H. (1971). Factors influencing scope for activity and active and standard metabolism of rainbow trout. *J. Fisheries Res. Board Canada* 28, 587-596
  52. Dowhan, W., Bogdanov, M. (2002). Functional roles of lipids in membranes. In: Vance, D. E., et al. (Eds.) *Biochemistry of Lipids, Lipoproteins and Membranes*, 4th edition, Amsterdam: Elsevier.
  53. Drobná Z., Zelenka J., Mrkvicová E., Kladroba D. (2006) Influence of dietary linseed and sunflower oil on sensory characteristics of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Czech J. Anim. Sci.*, 51, 475–482
  54. Druzian, J. I., Marchesi, C. M., Scamparini, A. R. P. (2007). Fatty acid profile and proximate composition of carp (*Cyprinus carpio*) feed artificial food and pig manure, *Cienc. Rural*, vol. 37, n. 2, 539-544
  55. Epler P., Borowiec F., Sokołowska – Mikołajczyk, M. (2009). Effect of feeding carp with fat-supplemented pelleted diets on chemical composition of meat, *Ann. Anim. Sci.*, Vol. 9, 51 – 59
  56. Ernoić, M . (2012.). Modificiranje sadržaja n-3 polinezasićenih masnih kiselina u mišićnom tkivu svinja. Doktorska disertacija, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 70-73
  57. Etherton, P. K., D. S. Taylor, S. Yu-Poth (2000.). Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. *Am. J. Clin. Nutr.* 71(1), 179-188. FAO/WHO, 1994
  58. Ezer T., Nevo E., Tzfon Z., Vincor D., Bejerano Y., Berzak O., Bernheim C., Bitter-Loewenbach R. (2006). Increasing Omega 3 Fatty Acid Levels in Carp and Tilapia. *Fisheries and Fishbreeding in Israel* (3) 1030-1042
  59. FAO/WHO (1998). *Preparation of Food Based Dietary Guidelines*. Geneva: WHO
  60. Farkas, T. (1984). Adaptation of fatty acid composition to temperature—a study on carp (*Cyprinus carpio* L.) liver slices. *Comparative Biochemistry and Physiology -- Part B: Biochemistry* and 79(4), 531-535
  61. Farkas, T. (1993). Role of membrane lipids in temperature acclimatization of carp. summary, Workshop on the fatty acid metabolism in the carp, International symposium on the carp Budapest 6-9 september 1993
  62. Farkas, T., Cesengeri, I. (1976). Biosynthesis of fatty acids by the carp, *Cyprinus Carpio* L, relation to environmental temperature, *Lipids*, 11, (5), 401-407

63. Farkas, T., Csengeri, I. (1990). A Magyarországi halak zsirjanak osszetetele kulonos tekintettel az omega-3 szerkezetu polyen zsirsavakra. A medicus universalis terapias melléklete, Maote, 5 aprilis 1990, 10-11
64. Farkas, T., Csengeri, I., Majoros, F., Olah, J. (1977). Metabolism of fatty acids in fish. I. Development of essential fatty acid deficiency in the carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture* 11, 147-157
65. Farkas, T., Csengeri, I., Majoros, F., Olah, J. (1980). Metabolism of fatty acids in fish. III Combined effect of enviromental temperature and diet on formation and deposition of fatty acids in the carp (*Cyprinus carpio* L.) *Aquaculture* 20, 29-40
66. Fayomova, E., Zelenka, J., Komprda, T., Kladroba, D., Šaramova, I. (2003). Effect of sex, growth, intesity and heat treatment on fatty acid composition of common carp (*Cyprinus carpio*) filets, *Czech J. Anim. Sci*, 48, (2): 85-92
67. Fleck, A., Hadžiosmanović, M., Cvrtila, Ž., Zdolec, N., Filipović, I., Kozačinski, L. (2007). Kakvoća i zdravstvena ispravnost mesa šarana iz intenzivnog uzgoja, *Meso*, vol. IX, br. 4, 229-233
68. Frøyland, L., Lie, O. & Berge, R.K. (2000). Mitochondrial and peroxisomal beta-oxidation capacities in various tissues from Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture Nutrition* 6(2), 85-89
69. Frøyland, L., Madsen, L., Eckhoff, K. M., Lie, Ø., Berge, R. K. (1998). Carnitine palmitoyltransferase I, carnitine palmitoyltransferase II, and acyl-CoA oxidase activities in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Lipids*, 33(9), 923-930
70. Gajčević, Z. (2011). Utjecaj seleni i lanenog ulja u hrani na performance pilića i profil masnih kiselina u mišićnom tkivu. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet u Osijeku
71. Galović, D. (2009). Utjecaj biljnih ulja na performance tovnih pilića i profil masnih kiselina u mišićnom tkivu. Magistarski rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku
72. Gatesoupe, F. J., Leger, C., Metailler, R., Luquet, P. (1977). Alimentation lipidique du turbot (*Scophthalmus maximus* L.) Influence de la longuer de chaine des acides gras de la serie w3. *Ann. Hydrobiol.* 8, 89-97
73. Geri, G., Lupi, P., Parisi, G., Dell'Agnello, M., Martini, A., Ponzetta, M. M., (1995.): Morphological characteristics and chemical composition of muscle in the mirror carp (*cyprinus carpio* var. *specularis*) as influenced by body weight, *Aquaculture*, 129, 323-327

74. Gorazze, G. (2004). Nutrition lipidique des poissons: importance et consequences. La Pisciculture Francaise, 117, 25-36
75. Gorgun, S., Akpinar, Ali M. (2007). Liver and muscle fatty acid composition of mature and immature rainbow trout fed two different diets, *Boilogia*, Bratislava, 62/3: 351-355
76. Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P., Métailler, R., (2001). Nutrition and Feeding of fish and crustaceans, Chichester, UK, Praxis-Springer
77. Guler, G. O., Kiztanir, B., Aktumsek, A., Cital, O. B., Ozarlak, H. (2007). Determination of seasonal changes on total fatty acid composition and  $\omega 3/\omega 6$  ratios of carp (*Cyprinus Carpio*) muscle lipids in Beysehir Lake (Turkey), *Food chem.*, Vol. 108, pages 689-694
78. Gursky, Z. (1999). Zlatna knjiga ljekovitog bilja, Nakladni zavod Matice Hrvatske, Zagreb, 702
79. Hadjinikolova, L. (2004). The influence of nutritive lipid sources on the growth and chemical and fatty acid composition of carp (*Cyprinus Carpio* L.) *Archives of Polish Fisheries* 12, 111-119
80. Halliwell, B. (1996). Antioxidants in human health and disease. *Annual Review of Nutrition* 16, 33-50
81. Halliwell, B. (1990). How to characterize a biological antioxidant. *Free Radical Research Communications* 9(1), 1-32.
82. Hamačkova, J., Kouril, J., Vachta, R. (1992). Odchov raneho pludku sumce velkeho. *Vyzkumný ustav rybarsky a hydrobiologicky, Edice metodik, Vodnany*, 40, 1-10
83. Hamačkova, J., Kouril, J., Adamek, Z., Vachta, R., Stibranyiova, I. (1993). Testovani krmiva Alma Wels Futter u sumce velkeho (*Silurus glanis*) pri vykrmu v silech. *Bulletin VURH Vodnany* 29, 1, 3-9
84. Hamano, Y. (2002). Influence of lipoic acid on lipid metabolism and betaadrenergic response to intravenous or oral administration of clenbuterol in broiler chickens. *Reprod Nutr Dev.* 42(4), 307-316
85. Hansell, D. A., Boyd, C. E. (1980). Uses of hydrated lime in fish ponds. *Proc. Annual. Conf. Southeast Assoc. Fish and Wildl. Agencies* 34, 49-54
86. Hazel, J. Z., Prosser, C. L. (1974). Molecular mechanism of temperature compensation in poikilotherms, *Physiol. Rev.* 54, 620-677
87. Henderson, R. J. (1996). Fatty acid metabolism in freshwater fishes with particular references to polyunsaturated fatty acids, *Arch. Tierernahr*, 49, 5-22

88. Henderson, R. J., Tocher, D. R. (1987). The lipid-composition and biochemistry of fresh-water fish. *Progress in Lipid Research* 26(4), 281-347
89. Hejný S. (2000): Hospodaření a vegetace (Management and vegetation). In: Hejný S. (ed.) et al., *Rostliny vod a pobřeží (Plants of waters and shores)*, East West Publishing Co., Prague, pp. 23-35
90. Higashi, H., Kaneko, T., Ishii, S., Ushiyama, M., Suigashi, T. (1966). Effect of ethyl linoleate, ethyl linoleate and ethyl esters of highly unsaturated fatty acids on essential fatty acid deficiency in rainbow trout. *J. Vitaminol* 12, 74-79.
91. Holman, R. T. (1998). The slow discovery of the importance of  $\omega$ -3 essential fatty acids in human health. *J. Nutr.* 128, 427-433
92. Hunn, J. B. (1969). Chemical composition of rainbow trout urine following acute hypoxic stress. *Transactions of the American Fisheries Society*, 98(1), 20-22
93. Huong, D.T.T., Ide, T. (2008). Dietary lipoic acid-dependent changes in the activity and mRNA levels of hepatic lipogenic enzymes in rats. *British Journal of Nutrition* 100(1), 79-87
94. Hrastnik, A., Njari, B. (2004.): Butirimetrijsko određivanje masti u mišićju šarana (*Cyprinus Carpio*, L.), *Meso*, vol. VI, br. 3, 50-52
95. Hughes, C. L., Dhiman, T. R. (2002). Dietary compounds in relation to dietary diversity and human health. *J. Med. Food.* 5(2), 51-68.
96. Infante J. P., V. A. Huszagh (1998). Analysis of the putative role of 24-carbon polyunsaturated fatty acids in the biosynthesis of docosapentaenoic (22: 5n-6) i docosahexaenoic (22: 6n-3) acids *FEBS Lett.* 431, 1-6
97. Infante, J. P., V. A. Huszagh (1997). On the molecular etiology of decreased arachidonic (20: 4n-6), docosapentaenoic (22: 5n-6) and docosahexaenoic (22: 6n-3) acids in Zellweger syndrome and other peroxisomal disorders. *Mol Cell Biochem.* 168, 101-115
98. Itazawa, Y. (1970). Characteristics of respiration of fish considered from the arterio-venous difference of oxygen content. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fishg*, 36, 571-577
99. Ivanković, S. (2002.) Modificiranje sadržaja omega-3 masnih kiselina u mesu tovnih pilića. Doktorska disertacija. Agronomski fakultet u Mostaru
100. Jameel, N.M., Shekhar, M.A., Vishwanath, B.S. (2006). alpha-lipoic acid: An inhibitor of secretory phospholipase A(2) with anti-inflammatory activity. *Life Sciences* 80(2), 146-153



- 101.Kalyoncu, L., Yaman, Y., Aktumsek, A. (2010). Seasonal changes on total fatty acid composition of carp (*Cyrinus Carpio L.*) in Ivritz Dam Lake, Turkey, *African Journal of Biotechnology* Vo. 9(25), pp. 3896-3900
- 102.Katalenić, M. (2007.) Masti i ulja u prehrani, *Hrvatski časopis za javno zdravstvo*, vol. 3, br. 9, (<http://www.hejz.hr/clanak.php?id=13162&rnd=>), (pristupljeno 02. 2010.)
- 103.Kelley, D.S. (2001). Modulation of human immune and inflammatory responses by dietary fatty acids. *Nutrition* 17,669–673
- 104.Kiessling, A., Johannson, L., Storebakken, T. (1989). Effects of Reduced Feed Rations Level on fat Content and Fatty Acid Composition in White and Red Muscle from Rainbow Trout, *Aquaculture* 79, 169-175
- 105.Kiessling, K.-H., Kiessling A. (1993). Selective utilization of fatty acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) red muscle mitochondria. *Canadian Journal of Zoology*, 71(2): 248-251
- 106.Kralik, G., Margeta V., Suchý, P., Straková E. (2010). Effects of Dietary Supplementation with Rapeseed and Linseed Oil on the Composition of Fatty Acids in Porcine Muscle Tissue. *Acta Veterinaria Brno*, 79: 363–367
- 107.Kris-Etherton, P.M., Hecker, K.D., Bonanome, A., Coval, S.M., Binkoski, A.E., Hilpert, K.F., Griel, A.E. & Etherton, T.D. (2002). Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *American Journal of Medicine*, 113
- 108.Kulier, I. (1990). Prehrambene tablice. „Diana“. Poslovna zajednica za dijetetsku i biološki vrijednu hranu, Zagreb, s.347
- 109.Lauritzen, L., Hansen, H. S., Jorgensen, M. H., Michaelsen, K. F. (2001.). The essentiality of long chain n-3 fatty acids in relation to development and function of the brain and retina. *Prog. Lipid Res.* 40, 1-94
- 110.Leaf, A., Waber, P. C. (1987). A new era for science nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.* 45, 1048-1053
- 111.Leger, C., Gatesoupe, E. J., Metailler, R., Luquet, P., Fremont, L. (1979). Effect of dietary fatty acids differing by chain length and w series on growth and lipid composition of turbot (*Scophthalmus mus L.*) *Comp. Biochem. Physiol.* 64B, 345-350
- 112.Leighton, F., Bergseth, S., Rortveit, T., Christiansen, E.N., Bremerll, J. (1989). Free Acetate production by rat hepatocytes during peroxisomal fatty acid and dicarboxylic acid oxidation. *The Journal of Biological Chemistry* 264(18), 10347-10350
- 113.Lellak, J., Kubiček, F. (1991). *Hydrobiologie*. Univerzita Karlova, Praha

114. Lin D.S., Connor W.E., Spenser C.W. (1993). Are dietary saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids deposited to the same extent in adipose tissue of rabbits? *Am. J. Clin. Nutr.* 58, 174-179
115. Ljubojević, D., Ćirković, M., Novakov, N., Jovanović, R., Janković, S., Đorđević, V., Trbović, D. (2011). The Impact of Diet on Meat Quality of Common Carp. Vth International Conference BALNIMALCON 2011 (Xth International Symposium of Animal Biology and Nutrition & 40th International Session of Scientific Communications of the Faculty of Animal Science), CD PROCEEDINGS (Improvement and diversification of Balkan animal production within the European context)
116. Ljubojević, D., Radosavljević, V., Puvača, N., Baloš, M. Ž., Đorđević, V., Jovanović, R., Ćirković, M. (2014). Interactive effects of dietary protein level and oil source on proximate composition and fatty acid composition in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*. Volume 37, 44-50
117. Mazurkiewicz, J. (2009) Utilization of domestic plant components in diets for common carp *Cyprinus carpio* L. *Arch. Pol. Fish.* (17), 5-39
118. Matoničkin Kepčija, R. (2006). Utjecaj brzine strujanja vode na naseljavanje perifitonskih zajednica sedrenih barijera. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu
119. Matoničkin, I., Pavletić, Z. (1972). Život naših rijeka. Školska knjiga Zagreb
120. Mitterstiller, J. (1986). A halaszvizről horgaszoknak, Budapest
121. Miyatake, H. (1997). *Carp*. *Yoshoku* 34(5)
122. Mourot J., Camara M. and Fevrier C. (1995). Effects of dietary fats of vegetable and animal origin on lipid synthesis in pigs. *C. R. Acad. Sci. III*; 318, 965-970
123. Mourot J., Hermier D. (2001). Lipids in monogastric animal meat. *Reprod. Nutr. Dev.* 41, 109-118
124. Mráz, J. (2011). Lipid quality of common carp (*Cyprinus carpio*) in pond culture. Uppsala : Sveriges lantbruksuniv. , Rapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för livsmedelsvetenskap, 1101-5411 ; 26
125. Mukhopadhyay, T., Ghosh, S. (2003). Lipid profile of fatty acid composition in eggs of common carp, *J. of Oleo sci.*, vol 52, no. 8, 439-442
126. Murphy, T. P., Brownlee, G. G. (1981). Ammonia volatilization in a hypertrophic prairie lake. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 38, 1035-1039

127. Navari-Izzo, F., Quartacci, M.F., Sgherri, C. (2002). Lipoic acid: a unique antioxidant in the detoxification of activated oxygen species. *Plant Physiology and Biochemistry* 40 (6-8), 463-470
128. Nguyen L.Q., Everts H., Beynen A.C. (2004). Influence of dietary linseed, fish and coconut oil on growth performance of growing pigs kept on small holdings in central Vietnam. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 88, 204-210
129. Olsen, R.E., Henderson, R.J., McAndrew, B.J. (1990). The conversion of linoleic acid and linolenic acid to longer chain polyunsaturated fatty acids by *Tilapia (Oreochromis) nilotica* in vivo. *Fish Physiology and Biochemistry* 8(3), 261-270
130. Packer, J.E., Slater, T.F., Willson, R.L. (1979). Direct observation of a free-radical interaction between Vitamin-E and Vitamin-C. *Nature* 278(5706), 737-738
131. Perović, S. (1996). Riba u prehrani. Riba u razboritoj prehrani prošlost sadašnjost i budućnost, Zbornik radova, Hrvatska akademija medicinskih znanosti, 12-20
132. Petrović, M. (2012). Optimizacija proizvodnje konzumnih jaja obogaćenih s omega-3 masnim kiselinama te njihov utjecaj na karakteristike jaja tijekom čuvanja. Optimization of omega-3 fatty acids enriched eggs production and their impact on egg characteristics during storage. Doctoral Thesis, Prehrambeno-biotehnoški fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
133. Phinney, S. D., Odin, R. S., Johnson, S. B. (1990). Reduced arachidonate in serum phospholipids and cholesterol esters associated with vegetarian diet in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 51, 385-392
134. Pickova, J., Morkore, T. (2007). Alternate oils in fish feeds. *European Journal of Lipid Science and Technology* 109(3), 256-263
135. Pospišil, M. (2013). Ratarstvo II. dio – industrijsko bilje, Zrinski d.d. Čakovec
136. Puvača, N., Lukač D., Ljubojević D., Stanačev V., Lević J., Beuković M., Kostadinović Lj. (2014). Masnokiselinski sastav adipoznog tkiva brojlerskih pilića: laneno ulje i koeficijenti korelacije. Fatty acid composition of broiler chicken adipose tissue: flax seed oil and correlation coefficients. XXI međunarodno savjetovanje Krmiva, Zbornik radova
137. Rasoarahona, J. R. E., Barnathan, G., Binachini, J. P., Gaydou, E. M. (2004). Annual Evolution of fatty acid profile from Muscle Lipids of Common Carp (*Cyprinus Carpio*) in Madagascar Inland Waters, *Agric. Food Chem.* 52, 7339-7344
138. Reed, L.J. (1974). Multienzyme complex. *Accounts of Chemical Research.* 7(2), 40-46

139. Roberts, R. J. (2002). Nutritional physiology. In: Halver, J., et al. (Eds.) Fish Nutrition. San Diego: Academic Press. pp. 368-453
140. Ronyai, A., Peteri, A. (1990). Comparison of the growth of sterlet (*Acipenser ruthenus* L.) and its hybrid with Siberian sturgeon (*Acipenser ruthenus* L. x *Acipenser baeri* Brandt) in recirculation system. *Aquacultura Hungarica* VI: 185-193.
141. Ronyai, A., Ruttkay, A. (1990). Growth and food utilization of wels fry (*Silurus glanis* L.) fed with tubifex worms. *Aquacultura Hungarica* 6, 193-202
142. Runge, G., Steinhart, H., Schwartz, F. J., Kirchgessner, M. (1987). Influence of different fats with varying addition of alpha tocopherol acetate on the fatty acid composition of carp (*Cyprinus carpio*, L.) *Fat. Sci. Technol.* 89, 389-393
143. Sadowski, J., Trzebiatowski, R., Odebralska, D., Wielopolska, M. (2000). Effects of commercial feeds on growth and chemical composition of carp (*Cyprinus carpio* L.), kept in power station cooling water, *Electr. Journal of polish Agricult. Universities*, Vol. 3, Issue 2
144. Sargent, J.R., Henderson, J.R., Tocher, D.R. (1989). The lipids, In: Halver, J.E. (Ed.), *Fish Nutrition*, 2nd edition. Academic Press, New York, pp. 153–218
145. Sargent, J.R., Tocher, D.R., Bell, J.G. (2002). The lipids, In: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), *Fish Nutrition*, 3rd edition. Academic Press, San Diego, pp. 181–257
146. Satoh, S., Poe, W. E., Wilson, R. P. (1989). Studies on the Essential Fatty Acid Requirement of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*), *Aquaculture* 79, 121-128
147. Schwarz, F. J. (1993). Influence dietary fatty acid composition and vitamins on fatty acid metabolism in carp (*Cyprinus carpio*). Workshop on the fatty acid metabolism in the carp. International symposium on the carp, Budapest
148. Sheridan, M.A., Friedlander, J.K.L. & Allen, W.V. (1985). Chylomicra in the serum of postprandial steelhead trout (*Salmo Gairdnerii*). *Comparative Biochemistry and Physiology B-Biochemistry & Molecular Biology* 81(2), 281-284
149. Sigurgisladottir, S., Palmadottir, H. (1993). Fatty acid composition of thirty-five Icelandic fish species. *Journal of the American Oil Chemist Society* 70, 1081–1087
150. Simopoulos, A.P. (1986). Health effects of polyunsaturated fatty acids in seafoods. Kifer RR, Martin R. E. eds. Orlando F. L.: Academic Press.
151. Simopoulos A.P., Salem N. Jr. N. (1986). Purslane: a terrestrial source of omega-3 fatty acids. *Engl J. Med* 315-833

152. Simopoulos, A. P. (1989). Linoleic nad linolenic acids intake. In: Dietary  $\omega$ -3 and  $\omega$ -6 fatty acids: Biological effects and nutritional essentiality. Series A: Life Sciences. Vol 171. C. Galli and AP Simopoulos, New York: Plenum Press, 391-402
153. Sinnhuber, R. O. (1969). The role of fats. Academic Press, New York, London, 245-261
154. Sinnhuber, R. O., Lee, D. J., Wales, J. H., Ayres, J. L. (1968). Dietary factors and hepatoma in rainbow trout J. Nat. Cancer Inst. 41, 1293-1301
155. SOFIA (2010). The State of World Fisheries and Aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome
156. Spirić A., Trbović D., Vranić D., Đinović J., Petronijević R., Milijašević M., Janković S., Radičević T., (2009). Uticaj masnih kiselina u hrani na sastav masnih kiselina i količinu holesterola kod kalifornijske pastrmke (*Oncorhynchus mykiss*). Tehnologija mesa, 3–4, 179–188
157. Sprecher, H., Chen, Q., Yin, F. Q. (1999). Regulation of the biosynthesis of 22: 5n-6 i 22: 6n-3: a complex intracellular process. Lipids. 34, 153-156
158. Sprecher, H., Luthria, D. L., Mohammed, M. S. (1995). Reevaluation of the pathways for the biosynthesis of polyunsaturated fatty acids. J Lipid Res. 36(12), 2471-2477
159. SRPS EN ISO 5509:2007. Ulja i masti biljnog i životinjskog porekla – Priprema metilestara masnih kiselina
160. Steffens, W. (1985). Grundlagen der Fischernahrung. VEB Gustav Fischer Verlag Jena
161. Steffens, W., Wirth, M. (2007). Influence of nutrition on the lipid quality of pond fish: common carp (*Cyprinus carpio*) and tench (*Tinca tinca*), Aquacult Int., 15: 313-31
162. Stević, I. (1982). Uzgoj soma (*Silurus glanis*) peletiranom hranom u ribnjačkim uvjetima. Doktorska disertacija, Fakultet poljoprivrednih znanosti Zagreb
163. Stević, I. (1987). Dvogodišnji izvještaj o proizvodnim rezultatima kaveznog tova soma i šarana u jezeru Modrac u 1987. godini. BTZNC OOUR Poljoprivredni fakultet Osijek. 1-21
164. Stević, I., Bogut, I. (1988). Kavezni tov šarana u jezeru Bistarac. OOUR Patent s.p.o. Osijek. 1-26
165. Stević, I., Bogut, I., Opačak, A. (1993). Petogodišnji rezultati kaveznog uzgoja soma (*Silurus glanis*) u jezeru Modrac. Ribarstvo 48 (2), 67-76
166. Stryer L., (1991). Biokemija (prijevod), Školska knjiga, Zagreb

167. Sugano, A. M., Hirata, F. (2000). Polyunsaturated fatty acids in food chain in Japan. *Am. J. Clin. Nutr.* 71, 189-S196
168. Swift, D. J., Lloyd, R. (1974). Changes in urine flow rate and haematocrit value of rainbow trout *Salmo gairdneri* (Richardson) exposed to hypoxia. *Journal of Fish Biology*, 6(4), 379-387
169. Swingle, H. S. (1961). Relationship of pH of pond waters to their suitability for fish culture
170. Škrtić, Z., Bogut, I., Galović, D., Križek, I. (2007). Značaj polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) za ljudsku prehranu, 1. Savetovanje o slatkovodnom ribarstvu sa međunarodnim sudjelovanjem: Osnovne značajke hrvatskog slatkovodnog ribarstva- Analiza slatkovodnog ribarstva, Zbornik radova, Vukovar, 39-50
171. Tacon, G. I. (1990). *Standard Methods for the Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp*, Argent Laboratories Press, Redmond, Washington USA
172. Takeuchi, T., Arai, S., Watanabe, T., Shimma, Y. (1980). Requirement of eel (*Anguilla japonica*) for essential fatty acids. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 46, 345-353
173. Tocher, D. R. (2003). Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in Fisheries science*, 11(2), 107-184
174. Torstensen, B.E., Frøyland, L. & Lie, O. (2001). Lipider. In: Waagbo, R., al. (Eds.) *Fiskeernaering*. Bergen: Kystnaeringen Forlag & Bokklubb. pp. 57-75
175. Trattner, S. (2009). *Quality of Lipids in Fish Fed Vegetable Oils. Effects of Bioactive Compounds on Fatty Acid Metabolism*. Doctoral Thesis; Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala
176. Trbović D., Vranić D., Đinović J., Borović B., Spirić D., Babić J., Spirić A. (2009). Masnokiselinski sastav i sadržaj holesterola u mišićnom tkivu jednogodišnjeg šarana (*Cyprinus carpio*) u fazi uzgoja. *Tehnologija mesa*, vol. 50, br. 5-6, str. 276-286
177. Trebušak, T. Levart A., Salobir J., Pirman T. (2014). Utjecaj dodavanja lanenog ulja u obroke kunića na sastav masnih kiselina i oksidativnu stabilnost mesa kunića. The impact of the addition of linseed oil in a diet for rabbits on the fatty acid composition and oxidative stability of rabbit meat. XXI međunarodno savjetovanje Krmiva, Zbornik radova
178. Tucker, C.S. (1985). *Channel catfish culture*. Elsevier Sci. Publ. Co. Amsterdam
179. Turchini, G. M., Torstensen, B. E., Ng, W.-K. (2009). Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, 1: 10-57

180. Ugoala, Ch., Ndukwe, G. I., Audu, T. O. (2008). Comparison of fatty Acids Profile of Some Freshwater and Marine Fishes, *Internet Journal of Food Safety*, vol. 10, 9-17
181. Vandeputte, M. (2003). Selective breeding of quantitative traits in the common carp (*Cyprinus carpio*): a review. *Aquatic Living Resources* 16(5), 399-407
182. Van Oeckel M.J., Casteels M., Warnants N., Boucque C.V. (1997). Omega-3 fatty acids in pig nutrition: implications for zootechnical performances, carcass and fat quality. *Arch. Tierernahr.*; 50, 31-42
183. Van Vliet, T., Katan, M.B. (1990). Lower ratio of n-3 to n-6 fatty acids in cultured than in wild fish. *Am. J. Clin. Nutr.* 1990. Jan;51(1):1-2
184. Vujković, G., Karlović, D., Vujkovic, I, Vorosbarany, I, Jovanović, B. (1999). Composition of muscle tissue of silver carp and bighead carp, *Journal of American Oil Chemists' Society*, Vol. 76, No. 4, 475-480
185. Watanabe, T., Ogino, C., Koshiishi, Y., Matsunaga, T. 1974. (a): Requirement of rainbow trout for essential fatty acids *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 40, 493-499.
186. Watanabe, T., Takashima, F., Ogino, C. 1974. Effect of dietary methyl linolenate on growth of rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 40, 181-188.
187. Watanabe, T., Takashima, F., Utsue, O., Kobayashi, I., Ogino, C. (1975). Effect of dietary methyl linoleate and linolenate on growth of carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 41, 257-262
188. Webster, Carl D., Lim Chhorn, (2002). *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture*, CABI Publishing
189. Weill P., Schmitt B., Chesneau G., Daniel N., Safraou F., Legrand P. (2002). Effects of introducing linseed in livestock diet on blood fatty acid composition of consumers of animal products. *Ann. Nutr. Metab.*; 46. 182-191
190. *Wiley Encyclopedia of Food Science and Technology* (1999). Frederick J. Francis (Editor)
191. Winberg G. (1956). Rate of metabolism and food requirements of fishes. *Fishes Res. Board of Canada*, Translation Series No. 194,
192. Yone, Y. (1979.) Fatty acid requirements of the red sea bream (*Pargurus major*). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 45, 753-756
193. Yu, T. C., Sinnhuber, R. O. (1976). Growth response of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to dietary Omega 3 and Omega 6 fatty acids. *Aquaculture* 8, 309-317

194. Yu, T. C., Sinnhuber, R. O. (1979). Effect of dietary  $\omega$ 3 and  $\omega$ 6 fatty acids on growth and feed conversion efficiency of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture* 16, Issue 1, 31–38
195. Zelenka, J., Fayomova, E., Komprda, T., Kladroba, D., Šaramova, I. (2003). Effect of dietary linseed and sunflower oil on cholesterol and fatty acid contents in rainbow trout filletes. *Czech.J.Anim.Sci.*48, (2), 321-330
196. Zheng, X., Seiliez, I., Hastings, N., Tocher, D.R., Panserat, S., Dickson, C.A., Bergot, P., Teale, A.J. (2004). Characterization and comparison of fatty acyl [ $\Delta$ ]6 desaturase cDNAs from freshwater and marine teleost fish species. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 139(2), 269-279
197. Župan, B., (2010). Utjecaj pataka (*Anas domestica*) na proizvodne rezultate šarana (*Cyprinus carpio*) dvogodišnjaka. Magistarski rad, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 78 str.
198. <http://www.askdrsears.com/>
199. [http://www.centarcedrus.hr/include/pdf/Omega\\_masne\\_kiseline.pdf](http://www.centarcedrus.hr/include/pdf/Omega_masne_kiseline.pdf), 2009.
200. <http://public.carnet.hr/globe/prirucnik/voda.PDF>