

Пољопривредни факултет

32/19-7.3.

(Број захтева)

24.06.2026.

(Датум)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области

биотехничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуке о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и о именовању комисије за одбрану

Молимо да, сходно члану 48 ст. 5 тач. 4) Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", бр. 201/2018, 207/2019, 213/2020, 214/2020, 217/2020, 230/21, 232/22, 233/22 и 236/22), дате сагласност на одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације:

КАНДИДАТ Стефан, Млађан, Марјановић

(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму Пољопривредне науке

уписан на докторске студије 2019/2020. године,

пријавио је тему докторске дисертације дана 27.05.2022. године, под називом: „Ефекат коришћења алтернативних извора протеина анималног порекла у храни за рибе на производне карактеристике и антиоксидативни капацитет код гајеног шарана (*Cyprinus carpio*, L., 1758) и калифорнијске пастрмке (*Oncorhynchus mykiss*, W., 1729)“.

из научне области: Зоотехника

Универзитет је дана 14.04.2026. године својим актом под бр. 02-08 Број: 61206-1237/2-26 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације под исправљеним насловом: „Ефекат коришћења алтернативних извора протеина анималног порекла у храни за рибе на производне карактеристике и антиоксидативни статус гајеног шарана (*Cyprinus carpio* L., 1758) и калифорнијске пастрмке (*Oncorhynchus mykiss* (Walb., 1792))“.

Име и презиме првог ментора др Зоран Марковић

Име и презиме другог ментора др Јелена Вранковић

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној 25.02.2026. године одлуком факултета под бр. 32/15-4.3., у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1. др Божидар Рашковић	редовни професор	Примењена зоологија и рибарство	Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет;
2. др Зорка Дулић	редовна професорка	Примењена зоологија и рибарство	

Универзитет у Београду –
Пољопривредни факулте

3. др Марко Станковић	ванредни професор	Примењена зоологија и рибарство Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет;
4. др Слађана Ракита	виша научна сарадница	Квалитет и безбедност хране за животиње Универзитет у Новом Саду – Научни институт за прехранбене технологије;
5. др Војислав Бањац	виши научни сарадник	Квалитет и безбедност хране за животиње Универзитет у Новом Саду – Научни институт за прехранбене технологије;

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности 06.05.2026. год.

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана 24.06.2026. године.

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној 24.06.2026. године одлуком факултета под бр. 32/19-7.4., у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1. др Божидар Рашковић	редовни професор	Примењена зоологија и рибарство Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет;	
2. др Зорка Дулић	редовна професорка	Примењена зоологија и рибарство Универзитет у Београду – Пољопривредни факулте	
3. др Марко Станковић	ванредни професор	Примењена зоологија и рибарство Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет;	
4. др Слађана Ракита	виша научна сарадница	Квалитет и безбедност хране за животиње Универзитет у Новом Саду – Научни институт за прехранбене технологије;	
5. др Војислав Бањац	виши научни сарадник	Квалитет и безбедност хране за животиње Универзитет у Новом Саду – Научни институт за прехранбене технологије;	

В. Д. ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Владан Богдановић

Прилози:

- 1. Одлука Наставно-научног већа о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и одлука о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације**
- 2. Извештај Комисије о оцени докторске дисертације**

Универзитет у Београду
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број: 32/19-7.3.
Датум: 24.06.2026. године
БЕОГРАД-ЗЕМУН

На основу члана 44. Статута Пољопривредног факултета (2026. година – пречишћен текст), и члана 62. Правилника о правилима докторских академских студија, Наставно - научно веће факултета на седници одржаној 24.06.2026. године, донело је

О Д Л У К У

I УСВАЈА СЕ Извештај Комисије о позитивној оцени докторске дисертације коју је поднео **СТЕФАН МАРЈАНОВИЋ, мастер** и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: **«ЕФЕКАТ КОРИШЋЕЊА АЛТЕРНАТИВНИХ ИЗВОРА ПРОТЕИНА АНИМАЛНОГ ПОРЕКЛА У ХРАНИ ЗА РИБЕ НА ПРОИЗВОДНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И АНТИОКСИДАТИВНИ СТАТУС ГАЈЕНОГ ШАРАНА (*Cyprinus carpio* L., 1758) И КАЛИФОРНИЈСКЕ ПАСТРМКЕ (*Oncorhynchus mykiss* (Walb., 1792))»**.

II Универзитет је дана 14.04.2026. године актом 02-08 Број: 61206-1237/2-26 дао сагласност на одлуку Наставно - научног већа факултета о прихватању теме докторске дисертације.

III Рад кандидата у научном часопису који га квалификује за одбрану докторске дисертације:

Marjanović, S. M., Belošević, S. D., Stanković, M. B., Banjac, V. V., Rakita, S. M., Vranković, J. S., & Marković, Z. Z. (2024). Complete replacement of fishmeal with unconventional animal protein sources: A comparative study of the effects of use of mealworm, earthworm and zooplankton on growth parameters, fatty acid composition and sensory profile rainbow trout. *Aquaculture Reports*, 39, 102512.
<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102512> (M21).

Образложење

Наставно-научно веће факултета разматрало је и усвојило Извештај Комисије о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео Стефан Марјановић, мастер.

Наставно-научно веће факултета је приликом доношења одлуке оцењивало да ли је завршена докторска дисертација у складу са одобреном темом и да ли наводи садржани у реферату потврђују да су се стекли услови за одбрану докторске дисертације. Сходно изнетом одлучено је као у диспозитиву.

**ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА ФАКУЛТЕТА
В.Д. ДЕКАНА**

(Проф. др Владан Богдановић)

Доставити: кандидату, ментору, Институту за зоотехнику, Студентској служби и архиви.

Универзитет у Београду
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број: 32/19-7.4.
Датум: 24.06.2026. године
БЕОГРАД-ЗЕМУН

На основу члана 44. Статута Пољопривредног факултета (2026. година – пречишћен текст) и члана 63. Правилника о правилима докторских академских студија, Наставно - научно веће факултета на седници одржаној 24.06.2026. године, донело је

О Д Л У К У

I У Комисију за одбрану докторске дисертације коју је поднео **СТЕФАН МАРЈАНОВИЋ, мастер,** под насловом: **«ЕФЕКАТ КОРИШЋЕЊА АЛТЕРНАТИВНИХ ИЗВОРА ПРОТЕИНА АНИМАЛНОГ ПОРЕКЛА У ХРАНИ ЗА РИБЕ НА ПРОИЗВОДНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И АНТИОКСИДАТИВНИ СТАТУС ГАЈЕНОГ ШАРАНА (*Cyprinus carpio* L., 1758) И КАЛИФОРНИЈСКЕ ПАСТРМКЕ (*Oncorhynchus mykiss* (Walb., 1792))»**, именују се:

1. др Марко Станковић, ванредни професор
Универзитета у Београду – Пољопривредног факултета,
2. др Божидар Рашковић, редовни професор
Универзитета у Београду – Пољопривредног факултета,
3. др Зорка Дулић, редовна професорка
Универзитета у Београду – Пољопривредног факултета,
4. др Слађана Ракита, виша научна сарадница
Научног института за прехрамбене технологије Универзитета у Новом Саду,
5. др Војислав Бањац, виши научни сарадник
Научног института за прехрамбене технологије Универзитета у Новом Саду.

II На ову одлуку, о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације, сагласност даје одговарајуће Веће научних области Универзитета у Београду.

**ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА ФАКУЛТЕТА
В.Д. ДЕКАНА**

(Проф. др Владан Богдановић)

Доставити: кандидату, члановима Комисије, Институту за зоотехнику, Студентској служби и архиви.

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА

Предмет: Извештај Комисије за оцену докторске дисертације кандидата Стефана М. Марјановића, мастер инжењера пољопривреде

На основу члана 57. Став 1. Правилника о правилима докторских студија Пољопривредног факултета, а на предлог одговарајућег већа катедре и мишљења одговарајућег наставно-научног већа института, Наставно-научно веће факултета на седници одржаној 25.02.2026. године донело је одлуку бр. 32/15-4.3. да се образује Комисија за оцену докторске дисертације кандидата Стефана М. Марјановића, под насловом: **Ефекат коришћења алтернативних извора протеина анималног порекла у храни за рибе на производне карактеристике и антиоксидативни статус гајеног шарана (*Cyprinus carpio* L., 1758) и калифорнијске пастрмке (*Oncorhynchus mykiss* (Walb., 1792)).**

Председник Комисије, др Марко Станковић, ванредни професор (Одлука број 4/03-7/1 од 09.04.2026. године) је припремио следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Основни подаци о кандидату и дисертацији

Мастер инжењер пољопривреде Стефан (Млађан) Марјановић је рођен 02. маја 1992. године у Пожаревцу. Основну школу „Вук Караџић“ у Пожаревцу завршио је 2007. године са одличним успехом. Техничку школу са домом ученика „Никола Тесла“ у Костолцу, завршио је 2011. године са одличним успехом. Пољопривредни факултет, Универзитета у Београду, одсек за Зоотехнику, уписао је школске 2012/13. године. Дипломски рад под називом „Активност пчела и припрема пчелињих друштава за презимљавање“, одбранио је 22. новембра 2017. године са оценом 10 (десет), чиме је стекао стручни назив дипломирани инжењер пољопривреде. Основне академске студије завршио је са просечном оценом 8,57. Мастер академске студије уписао је школске 2018/19. године на истом факултету. Положио је све испите прописане студијским програмом Пољопривреда, модул Зоотехника и 26. септембра 2019. године одбранио мастер рад под називом „Исхрана шарана (*Cyprinus carpio*) у полуинтензивном систему гајења смешама са различитим садржајем протеина“, са оценом 10 (десет), чиме је завршио мастер академске студије са просечном оценом 9,57 и стекао академски назив мастер инжењер пољопривреде. Докторске академске студије је уписао школске 2019/20. године на Пољопривредном факултету, Универзитета у Београду, студијски програм Пољопривредне науке, модул Зоотехника. Кандидат је успешно положио све испите предвиђене наставним планом и програмом докторских академских студија, са просечном оценом 9,13. Веће научне области биотехничке науке је на седницама одржаним

11.10.2022. године (број: 61206-3939/2-22) и 14.04.2026. (број: 61206-1237/2-26) дало сагласност на одлуку Наставно-научног већа Пољопривредног факултета (32/10-5.6. од 28.09.2022. и 32/16-5 од 25.03.2026.) о прихватању теме докторске дисертације Стефана Марјановића, под насловом „Ефекат коришћења алтернативних извора протеина анималног порекла у храни за рибе на производне карактеристике и антиоксидативни статус гајеног шарана (*Cyprinus carpio* L., 1758) и калифорнијске пастрмке (*Oncorhynchus mykiss* (Walb., 1792))“ под менторством проф. др Зорана Марковића и др Јелене Вранковић, научног саветника.

Кандидат је 30. јануара 2020. године изабран у звање истраживач приправник, чиме је започео рад као сарадник на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја TR–31075, реализованом на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду. Након тога, 2022. године, изабран је у звање истраживач сарадник. Ангажован је на истраживањима у оквиру Уговора о реализацији и финансирању научно-истраживачког рада, који се спроводи између Пољопривредног факултета Универзитета у Београду и Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије (евиденциони број уговора за 2026. годину: 451-03-34/2026-03/200116). Током досадашњег рада активно је учествовао у постављању, спровођењу и интерпретацији резултата бројних експеримената из области исхране шарана и калифорнијске пастрмке, као и у истраживањима везаним за селекцију ових врста риба. У оквиру својих истраживања највећу пажњу посвећује проблемима исхране риба, посебно шарана, калифорнијске пастрмке и цверглана.

У сарадњи са другим ауторима објавио је укупно 26 публикација, међу којима се издвајају 2 научна рада у водећим међународним часописима (категорија M21), 1 рад у међународном часопису (категорија M24), 1 рад на скупу националног значаја штампан у целини (категорија M63), као и 22 саопштења представљена на међународним научним скуповима (категорија M34).

Докторска дисертација кандидата Стефана М. Марјановића, мастер инжењера пољопривреде, под насловом „Ефекат коришћења алтернативних извора протеина анималног порекла у храни за рибе на производне карактеристике и антиоксидативни статус гајеног шарана (*Cyprinus carpio* L., 1758) и калифорнијске пастрмке (*Oncorhynchus mykiss* (Walb., 1792))“, представља резултат истраживачког рада усмереног на актуелне проблеме у области аквакултуре и исхране риба. Рад је написан у складу са „Упутством за обликовање докторске дисертације која се брани на Универзитету у Београду“ и обухвата 180 страна (од којих је 167 нумерисано) и садржи 57 табела, 16 слика, 21 графикон и 390 литературних извора. Докторска дисертација обухвата стандардне уводне елементе: насловну страну на српском и енглеском језику, податке о члановима Комисије, стране са сажетком и кључним речима на српском и енглеском језику, приказ садржаја, као и стране са изјавама захвалности. Рад је систематизован у десет поглавља: Увод (стр. 1-3), Преглед литературе (стр. 4-28), Научни циљ истраживања (стр. 29), Материјал и методе (стр. 30-46), Резултати и дискусија (стр. 47-102), Закључак (стр. 103-105), Литература (стр. 106-137), Прилог А (стр. 138-140), Прилог Б (стр. 141-150) и Прилог Ц (стр. 151-162). На крају наведених делова налазе се стране са Биографијом аутора (стр. 163), неопходне Изјаве о ауторству, о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјава о коришћењу (стр. 164-167).

2. Предмет и циљ дисертације

Рибље брашно представља један од кључних извора протеина у аквакултури, а његова улога је тесно повезана са развојем ове индустрије. Међутим, климатске промене условљене глобалним загревањем, укључујући повећање температуре морских вода, закисељавање океана, редукацију концентрације кисеоника и стални притисак на дивље популације риба

негативно утичу на раст и репродукцију потенцијалних врста риба које служе као примарна сировина за производњу рибљег брашна. Последица ових процеса огледа се у смањеној доступности и расту тржишне цене рибљег брашна, што има директан утицај на производњу комерцијалне хране за рибу. У контексту све израженије неодрживости рибљег брашна, произвођачи хране и истраживачи налазе се под растућим притиском како би смањили његов удео у исхрани гајених врста риба и окренули се алтернативним изворима протеина.

Предмет ове докторске дисертације је био да се истражи могућност потпуне замене рибљег брашна алтернативним изворима протеина животињског порекла, као што су брашно добијено од калифорнијске глисте (лат. *Eisenia fetida*), брашно добијено од ларви великог брашнара (лат. *Tenebrio molitor*) и брашно добијено од организама зоопланктона. Фокус је стављен на процену утицаја ових извора протеина на производне карактеристике шарана (лат. *Cyprinus carpio*) гајеног у кавезном и танк систему и калифорнијске пастрмке (лат. *Oncorhynchus mykiss*) у танк систему. Поред тога, испитивано је да ли алтернативни извори протеина имају утицај на антиоксидативни статус храњених риба, а преко анализе нивоа активности антиоксидативних ензима: супероксид-дисмутазе (SOD), каталазе (CAT), глутатион пероксидазе (GPx) и глутатион-С-трансферазе (GST). У оквиру предмета истраживања дефинисани су следећи научни циљеви: да се испита могућност потпуне замене рибљег брашна протеинима животињског порекла, као што су: калифорнијска глиста, ларве великог брашнара и организми зоопланктона; да се испита ефекат коришћења алтернативних извора протеина животињског порекла на производне карактеристике шарана и калифорнијске пастрмке; да се испита утицај алтернативних извора протеина на евентуалну појаву оксидативног стреса код шарана и калифорнијске пастрмке. Додатно су урађене и анализе масних киселина у филетима калифорнијске пастрмке, као и сензорна анализа печених филета исте рибље врсте.

3. Основне хипотезе од којих се полазило у истраживању

Приликом дефинисања истраживачког рада и постављања циљева ове докторске дисертације, полазна основа заснивала се на следећим хипотезама:

- да постоји могућност потпуне замене рибљег брашна брашном добијеног од алтернативних извора протеина животињског порекла;
- да алтернативни извори протеина животињског порекла имају утицај на производне карактеристике код шарана и калифорнијске пастрмке, као две најчешће гајене слатководне врсте риба у Европи;
- да брашна добијена од алтернативних извора протеина не мењају редокс статус код риба;
- да гајење шарана у различитим системима има утицај на редокс статус риба.

4. Кратак опис садржаја дисертације

Увод. У уводном поглављу кандидат је писао о порасту људске популације, које је праћено повећањем потражње за рибљим протеинима, а што има директан утицај на развој аквакултуре као значајног извора хране за људе. Истакнуто је да рибље месо има високу нутритивну вредност, пре свега због садржаја протеина и незасићених масних киселина, као и бројне бенефите за здравље људи. Даље, кандидат наводи да протеини представљају најважнију и најскупљу компоненту у храни за рибе, а уз нагласак на нутритивне захтеве риба и значај у правилно избалансираном саставу obroка. Издвојени су нутритивни захтеви појединих врста риба, као што су шаран и калифорнијска пастрмка. Описан је значај рибљег брашна као традиционалног извора протеина у аквакултури, његове нутритивне карактеристике које омогућавају задовољавање нутритивних потреба риба у погледу масних киселина, аминокиселина, минерала и витамина уз позитиван ефекат на опште здравствено

стање риба. Такође, кандидат указује и на ограничења у производњи рибљег брашна услед климатских промена и смањења његове доступности, што доводи до повећања цене на тржишту и потребе за проналажењем нових алтернативних извора протеина. Кандидат даље разматра различите неконвенционалне изворе протеина животињског порекла попут калифорнијске глисте, ларви великог брашнара и организама зоопланктона. Истакнуте су њихове предности и недостаци, као потенцијал за одрживу производњу хране у аквакултури. У завршном делу увода, кандидат се бави значајем оксидативног капацитета и улогом реактивних врста кисеоника (ROS) у организму риба. Описани су механизми антиоксидативне заштите, укључујући ензиме SOD, CAT, GPx и GST, као и њихов значај за одржавање ћелијског редокс статуса. Наглашена је важност правилне исхране риба за функционисање ових ензима уз посебан акценат на улогу јетре као кључног органа у метаболичким и детоксификационим процесима.

Преглед литературе. Ово поглавље обухвата литературне податке повезане са истраживачком тематиком докторске дисертације и груписани су у шест потпоглавља. У првом потпоглављу „**Аквакултура у свету**“, описан је интензиван раст светске производње у рибарству, посебно развој аквакултуре, која је полако постала доминантна у односу на излов рибе из отворених вода. Такође се анализирају регионалне разлике, водеће земље и врсте које се узгајају, уз нагласак на кључну улогу Азије и стални пораст производње ове гране. У другом потпоглављу „**Аквакултура у Републици Србији**“, описано је стање и развој аквакултуре у Србији, која се пре свега односи на узгој риба, док су друге врсте водених организама слабо заступљене због недостатка тржишта и инфраструктуре. У периоду од 2014. до 2024. године забележене су значајне осцилације у броју запослених, површинама рибњака и обиму производње, са трендом смањења, нарочито у производњи млађи и конзумне рибе. Шаран је доминантна врста која се гаји у топловодним рибњацима, док је калифорнијска пастрмка доминантна рибља врста у хладноводним рибњацима, где чини готово целокупну производњу. У последњих неколико година бележи се и смањење потрошње рибљег меса у Србији. Затим у потпоглављу „**Технологије производње у аквакултури шарана**“ описани су различити системи за гајење шарана. Полуинтензивни систем је најраспрострањенији у Србији и заснива се на комбинацији природне и додатне (житарица или комплетних смеша) хране, док се у интензивном систему риба гаји у великим густинама и храни искључиво додатном храном. Овај систем се организује у танковима, кавезима и бетонским базенима. Екстензивни систем се ослања искључиво на природну храну. Шаран се може гајити у монокултури или поликултури, затим у интегрисаном систему где се комбинује узгој риба са сточарском или ратарском производњом. У оквиру овог потпоглавља налази се поднаслов „**Шаран (*Cyprinus carpio*) као економски значајна врста**“, где је шаран описан као једна од најраспрострањенијих рибљих врста на свету. Врста има дугу традицију гајења, популаран је као акваријумска врста и врста која се гаји у воденим баштама. Приказана је историја domestikације шарана у Кини и Европи. Описане су различите подврсте шарана, фенотипске и морфолошке карактеристике врсте, типови шарана на основу покривености тела крљуштима, способност прилагођавања на различите услове животне средине, исхрана, узгој до конзумне тежине, репродукција, као и дигестивни и респираторни систем. У четвртм потпоглављу „**Калифорнијска пастрмка (*Oncorhynchus mykiss*) као економски значајна врста**“, описана је као једна од најраспрострањенијих и најпопуларнијих хладноводних врста риба у светској аквакултури. Ова врста је цењена због лакоће у комерцијалном узгоју, брзог темпа раста и отпорности на велике густине насада. Природно станиште калифорнијске пастрмке је пацифичка обала Северне Америке. Од свог првог премештања ван природног станишта, врста насељава водене екосистеме широм света, осим Антарктика. Кандидат даље описује морфолошке и физиолошке карактеристике, пре свега облик тела, присуство крљушти, систем органа за варење, репродукцију, нутритивне потребе и различите системе узгоја. У потпоглављу „**Потенцијал алтернативних извора протеина у аквакултури: корак ка одрживој замени рибљег брашна**“, кандидат је описао

важност риблиг брашна као извора протеина у индустријској производњи хране за животиње уз осврт на еколошке и економске проблеме повезане са његовом употребом. Пораст цене риблиг брашна и све мања доступност директно утичу на укупне трошкове производње у аквакултури. Увођењем глиста и других бескичмењака као извора протеина, могли би смањити трошкове производње у аквакултури. У оквиру овог потпоглавља налазе се три поднаслова. У оквиру првог поднаслова „Калифорнијска глиста (*Eisenia fetida*) као потенцијална замена за риблиг брашно у риблијој храни“, кандидат је представио проблем при управљању великим количинама органског отпада, као и о изазовима у обезбеђивању квалитетних извора протеина у производњи комерцијалне хране за рибу. Истакнуто је да и биљни и животињски протеини имају недостатке као што су негативан утицај на животну средину, неповољан аминокиселински састав, слабију сварљивост и ризик од контаминације и могућност преноса болести са топлокрвних животиња на рибе, па чак и на људе. Као потенцијално решење помиње се калифорнијска глиста чији је нутритивни састав сличан риблиг брашну и може се користити у исхрани риба. Поред тога, глисте ефикасно разграђују органски отпад и претварају га у компост и протеинску биомасу. У оквиру другог поднаслова „Ларве великог брашнара (*Tenebrio molitor*) као потенцијална алтернативна замена за риблиг брашно у риблијој храни“, описана је могућност коришћења ларви инсеката као алтернативног извора протеина у производњи хране за животиње, пре свега у аквакултури. Кандидат истиче да инсекти имају висок нутритивни квалитет, брзо се размножавају и ефикасно претварају органски отпад у протеине, што их чини одрживим и еколошки прихватљивим решењем. Наводи се и да је њихова употреба регулисана у Европској унији. Фокус је на великом брашнару, његовим биолошким особинама, начину узгоја и нутритивном саставу. Наглашено је да ларве овог инсекта представљају богат извор протеина и масти, као и да могу бити адекватна замена риблиг брашну. У оквиру трећег поднаслова „Зоопланктон као потенцијална алтернативна замена за риблиг брашно у риблијој храни“, кандидат описује значај зоопланктона у воденим екосистемима и његову улогу у исхрани риба, посебно у почетним развојним фазама риба. Зоопланктон представља кључни и јако важан извор хранљивих материја које су неопходне за њихов правилан развој. Истиче се да је зоопланктон важан извор хранљивих материја јер обезбеђује протеине, масти и есенцијалне аминокиселине и масне киселине. Наглашава се да се различите врсте зоопланктона узгајају као жива храна за аквакултуру, због брзе репродукције, ниске цене и нутритивног квалитета. Пажња је посвећена врсти *Daphnia magna*, која се издваја због високог садржаја протеина и повољног нутритивног састава, па се може користити као алтернативна замена риблиг брашну у исхрани риба. У шестом потпоглављу „Антиоксидативни ензими“, кандидат објашњава настанак и улогу ROS у организму. ROS настају као производ оксидативног метаболизма код свих организама који користе кисеоник у процесу дисања. Обухватају слободне радикале кисеоника (супероксид анјон радикал, хидроксилни радикал и хидропероксидни радикал) и нерадикалне облике (водоник-пероксид и синглет кисеоник). Због своје реактивности, ROS могу оштетити протеине, масти и ДНК, што може допринети развоју неуродегенеративних обољења, кардиоваскуларних болести и рака. Очување равнотеже између стварања ROS и ефикасног деловања антиоксидативног система кључно је за оптимално функционисање организма. У случајевима када се та равнотежа поремети у корист ROS и наступи оксидативни стрес, ћелија покреће антиоксидативни заштитни систем како би ублажила негативне ефекте стреса. Систем антиоксидативне заштите обухвата ензимске и неензимске компоненте. Међу ензимима се истичу SOD и CAT који су прва линија одбране организма од оксидативног стреса, а међу глутатион зависним ензимима истичу се GPx и GST. У оквиру овог потпоглавља налазе се четири поднаслова. Први поднаслов „Супероксид-дисмутаза (SOD)“, описује ензим SOD који представља прву линију одбране ћелије од оштећења изазваних ROS. SOD каталише претварање супероксид анјон радикала ($O_2^{\cdot-}$) у молекулски кисеоник и водоник-пероксид (H_2O_2). Налази се у цитоплазми, митохондријама, а постоје и екстрацелуларне фракције. У оквиру другог поднаслова „Каталаза (CAT)“, описан је ензим CAT, чије дејство се надовезује на дејство претходног

ензима користећи његов крајњи производ као супстрат. Тако овај ензим разлаже H_2O_2 на воду и кисеоник, нарочито при високим концентрацијама H_2O_2 , док при ниским концентрацијама користи доноре електрона попут алкохола и аскорбинске киселине. Ензим је присутан у свим ткивима сисара, највише у еритроцитима и јетри, а у аеробним еукариотским ћелијама, претежно је локализован у пероксизомима, где има кључну улогу у уклањању H_2O_2 насталог током метаболизма масних киселина, а налази се и у митохондријама и цитосолу. Трећи поднаслов, „Глутатион пероксидаза (GPx)“, односи се на овај ензим чија је примарна функција да убрза редукцију H_2O_2 у H_2O и каталише конверзију органских хидропероксида у одговарајуће алкоhole, користећи глутатион (GSH) као донор електрона. GPx има већи афинитет према H_2O_2 , што га чини кључним ензимом у ћелијској одбрани при ниским концентрацијама овог реактивног молекула. У четвртом поднаслову „Глутатион-С-трансфераза (GST)“, представљен је GST као ензим са важном улогом у детоксикацији. GST везује метаболите, лекове и стероиде, олакшавајући њихов транспорт. Поред тога, учествује у регенерацији протеина и показује пероксидазну активност.

Научни циљ истраживања. Циљ је био да се испита могућност потпуне замене рибљег брашна алтернативним изворима протеина животињског порекла, попут брашна калифорнијске глисте, ларви великог брашнара и организама зоопланктона. Посебан нагласак стављен је на процену утицаја ових извора протеина на производне карактеристике шарана гајеног у кавезном систему и лабораторијским танк условима, као и калифорнијске пастрмке у лабораторијским танк условима. Такође, циљ је био да се испита утицај алтернативних извора протеина на евентуалну промену редокс статуса код шарана и калифорнијске пастрмке, кроз одређивање активности кључних антиоксидативних ензима: SOD, CAT, GPx и GST.

Материјал и методе. Ово поглавље је груписано у четрнаест потпоглавља. У првом потпоглављу „**Опис Лабораторије за исхрану риба**“, описана је организација и начин рада лабораторије за исхрану риба. Ова лабораторија се састоји из две просторије од којих је једна за припрему и складиштење хране и друга у којој се налазе танкови и опрема за припрему воде и реализацију експеримената. Вода из водоводне мреже пролази кроз филтер, аерацију и загревање (у зависности од потребе) како би се обезбедили оптимални услови за гајење риба. Након припреме, вода се допрема у танкове са рибом уз стално обогаћивање воде кисеоником. Храњење риба се врши помоћу полуаутоматских тракастих хранилица које постепено ослобађају адекватну храну. Затим, у другом потпоглављу „**Кавезни систем за реализацију експеримента**“, кандидат описује кавезни систем који се користи за извођење експеримената, постављен у земљаном објекту за гајење шарана. Кавези су распоређени у два реда између којих се налази мост ради лакшег приступа, контроле риба и дистрибуције хране, а сваки кавез је делимично изнад воде како би се олакшала манипулација. Систем је опремљен компресором за додатно обогаћивање воде кисеоником, чиме се обезбеђују оптимални услови за раст риба. Риба је храњена ручно, два пута у току дана, унапред премереном потребном количином адекватне хране, што осигурава правилну исхрану риба. У трећем потпоглављу „**Рибе коришћене за реализацију експеримента**“, кандидат је навео које су врсте риба коришћене у експериментима као и у којим условима су експерименти реализовани. Након периода адаптације, рибе су распоређене у више група са приближно истим почетним масама и смештене у кавезе или танкове, у зависности од експеримента. Током адаптације, рибе су навикнуте на танкове или кавезе, полуаутоматске хранилице, присуство људи, свакодневно мерење абиотичких параметара воде и храњење. Даље у потпоглављу „**Алтернативни извори протеина коришћени у истраживању**“, кандидат описује припрему три извора протеина животињског порекла, опредељена за припрему експерименталне хране за рибе. Коришћене су калифорнијске глисте, ларве великог брашнара и организми зоопланктона. Свака од испитиваних сировина је припремљена и обрађена на специфичан начин: глисте су механички одвојене од супстрата, опране, затим држане у води како би се испразнио цревни садржај, потом термички обрађене и сушене.

Ларве великог брашнара су купљене као финални производ, док је зоопланктон сакупљен планктонском мрежицом, очишћен, испран и осушен. Након процеса сушења, све сировине су упаковане и чуване у замрзивачу на $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ до фазе припреме хране. Потпоглавље „**Методe за одређивање хемијског састава хране и алтернативних извора протеина**“ подељено је на четири поднасловa. У првом поднаслову „Методe за одређивање суве материје“ описана је метода за одређивање суве материје у узорку помоћу ISO 6496:2001 стандарда. Метода се заснива на мерењу масе узорка пре и после сушења на $105\text{ }^{\circ}\text{C}$, док се не постигне константна маса. У другом поднаслову „Метода одређивања протеина“ описана је метода за одређивање количине сирових протеина у узорку *Kjeldahl*-овом методом ISO 5983–1:2010. Поступак укључује минерализацију органске материје сумпорном киселином, а затим алкализацију уз додатак NaOH, чиме се омогућава дестилација ослобођеног амонијака, чија се количина утврђује титрацијом. Добијени садржај се уз помоћ фактора 6,25 прерачунава у количину сирових протеина у узорку. У трећем поднаслову „Метода одређивања масти“ описана је метода за одређивање количине сирових липида у узорку ISO 6492:2001 стандардом помоћу *Soxhlet* апаратуре, која се заснива на екстракцији масти из узорка органским растварачима, попут петролетра. Након екстракције и сушења, мери се количина масти и прерачунава у процентуални садржај липида у узорку. У четвртм поднаслову „Метода одређивања пепела“ описана је метода за одређивање садржаја сировог пепела у узорку методом ISO 5984:2013. Метода се заснива на сагоревању суве материје узорка на температури од $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $600\text{ }^{\circ}\text{C}$, при чему органска материја прелази у гасовито стање и остају само минералне материје. На основу масе узорка и масе пепела прерачунава се процентуални садржај минералних материја у узорку. У шестом потпоглављу „**Експериментална храна коришћена у истраживању са шараном**“ пажња је посвећена формулацији експерименталних смеша намењених за истраживања на шарану. У потпоглављу „**Експериментална храна коришћена у истраживању са калифорнијском пастрмком**“ описана је формулација експерименталне смеше намењене за истраживање на калифорнијској пастрмци. У потпоглављу „**Динамика храњења риба**“ описан је начин одређивања количине хране којом је риба храњена. Количина хране је израчуната на основу укупне масе риба у танку или кавезу. У правилним временским интервалима рађена су контролна мерења риба како би се извршила корекција количине хране. Понашање риба, конзумација хране и могућа угинућа су свакодневно праћена. У следећем потпоглављу „**Мерење абиотичких параметара воде**“ описан је начин мерења абиотичких параметара воде. За ова мерења коришћен је покретни мерни инструмент MULTI 340i/SET (WTW, Немачка) са три различите сонде: за кисеоник, pH, температуру и електропроводљивост. Мерења наведених параметра рађена су свакодневно пре храњења риба, урањањем сонде 10–15 cm испод водене површине, где су добијене вредности очитаване и евидентиране након неколико секунди. Потпоглавље „**Израчунавање параметара прираста и искористивости хране**“ описује математичке формуле на основу којих су израчунати параметри прираста и искористивости експерименталних храна код шарана и калифорнијске пастрмке. У потпоглављу **Маснокиселински састав меса** описана је процедура анализе маснокиселинског састава хране и меса калифорнијске пастрмке. Узорци мишића су процесуирани екстракцијом липида хладном смешом хлороформ-метанол, а масне киселине су потом претворене у метил-естре (FAME) трансестерификацијом. Анализа и раздвајање FAME спроведени су помоћу гасне хроматографије са пламено-јонизационим детектором, а идентификација масних киселина извршена је поређењем са стандардном мешавином FAME. У дванаестом потпоглављу „**Сензорна анализа филета калифорнијске пастрмке**“ описано је испитивање сензорне анализе филета калифорнијске пастрмке која је храњена експерименталним хранама са различитим изворима протеина. Оцењивачи су пре испитивања прошли двонедељну обуку за правилно мерење сензорних карактеристика, а испитивања су спроведена у просторији која задовољава ISO стандарде. Истраживање је спроведено у складу са етичким правилима и Законом о заштити података о личности, уз сагласност свих учесника да се њихови подаци могу користити у истраживачке сврхе. У првом поднаслову

„Припрема узорак за сензорну анализу“, кандидат је описао процес припреме узорака за сензорну анализу, која је подразумевала чишћење риба, замрзавање до тренутка када се приступало сензорном испитивању, а затим одмрзавање у фрижидеру на 4 °C током 24 сата. Пре печења узорци мяса риба су посољени са 1,5% кухињске соли, умотане у алуминијумску фолију и печене на 160 °C. Након печења, узорци су филетирани, означени насумичним троцифреним бројевима и сервирани оцењивачима у комадима димензија 1,5×1,5 cm. У другом поднаслову „Дескриптивна сензорна анализа“ описано је спровођење дескриптивне сензорне анализе, где је 7 обучених оцењивача оценило 27 сензорних својстава узорака. Пре анализе, оцењивачи су испитани у погледу сензорне осетљивости и здравственог стања, а затим су прошли обуке о терминологији, стандардима и методама оцењивања. Сензорна својства су оцењивана на линеарној скали од 10 cm према референтним вредностима. У трећем поднаслову „Метода бодовања“ описана је метода за оцену укупног сензорног квалитета мяса калифорнијске пастрмке. Метода је одрађена на основу четири карактеристике: укус, мирис, изглед и текстура. Оцењивачи су користили бодовну скалу од 0 до 5, где 0 означава производ лошег квалитета, док 5 означава одличан квалитет, а сви резултати су уписивани на оцењивачке листиће. У последњем поднаслову овог потпоглавља „Испитивање прихватљивости производа од стране потрошача“ описана је хедонска скала коришћена за процену сензорне прихватљивости производа од стране потрошача, где вредности од 0 до 4 указују на степен недопадања, а вредности од 6 до 9 указује на степен допадања. Вредност 5 указује на неутралан однос потрошача према производу. У потпоглављу „Одређивање активности антиоксидативних ензима“ описан је поступак припреме узорака за анализу. Да би се испитао утицај замене рибљег брашна брашном алтернативних извора протеина на физиолошки одговор риба, узорци јетре су прикупљени, а потом чувани на -80 °C. Ткиво је припремљено хомогенизацијом 0,2 g јетре у сахарозном пуферу, потом хомогенизовано и сонификовано. Након ових процеса, сонификати су центрифугирани на 37 000 rpm током 90 минута на 4 °C. Издвојени супернатанти чувани су на -80 °C до мерења активности антиоксидативних ензима SOD, CAT, GPx и GST. Ово потпоглавље је подељено на четири поднаслова. У првом поднаслову „Одређивање концентрације протеина“ описана је метода за одређивање концентрације протеина у супернатанту ткива јетре риба према Bradford методи (1976), која се заснива на формирању комплекса између боје Brilliant Blue G-250 и протеина, што помера апсорпциону максималну вредност од 465 до 595 nm. Апсорпција на 595 nm мери се спектрофотометријски преко интензитета развијања боје. У другом поднаслову „Одређивање активности ензима супероксид дисмутазе (SOD)“ описана је метода према Misra и Fridovich (1972) на основу које је одређена активност овог ензима. Метода се заснива на чињеници да SOD има способност да у базној средини инхибира спонтану аутооксидацију адреналина у аденохром која се одвија у присуству O₂⁻. Таласна дужина на којој се врши мерење је 480 nm на температури од 25 °C у реакционој смеши са адреналином и карбонатним пуфером (pH 10,2). Активност се дефинише као количина ензима која је довољна да доведе до 50% инхибиције аутооксидације адреналина у линеарном делу промене апсорбанце по минути. У трећем поднаслову „Одређивање активности ензима каталазе (CAT)“ описана је метода Claiborne (1985) за мерење активности CAT. Метода се заснива на мерењу брзине разградње H₂O₂ на H₂O и O₂ овим ензимом у узорку. Мерење активности се врши на спектрофотометру на таласној дужини од 240 nm током 3 минута. Добијене вредности израчунавају се на основу апсорбанце узорка у односу на слепу пробу и концентрацију протеина. У четвртм поднаслову „Одређивање активности ензима глутатион пероксидазе (GPx)“ описана је метода Tamura и сар. (1982) заснована на праћењу пада апсорбанце на 340 nm током 3 минута при температури од 25 °C. У оквиру петог поднаслова „Одређивање активности глутатион-S-трансферазе (GST)“ приказана је метода по Habig и сар. (1974), која прати коњугацију CDNB са глутатионом у облику GSH на истој таласној дужини и истом временском трајању као и претходни ензим. У потпоглављу **Статистичка обрада и анализа података** описане су статистичке методе примењене при анализи добијених резултата.

Нормалност расподеле података проверена је применом *Shapiro-Wilkovog* теста, док је хомогеност варијансе проверена Левеневим тестом. За утврђивање разлика између испитиваних група коришћена је једнофакторска анализа варијансе (ANOVA), уз *Tukey* и *Duncan post-hoc* тестове за поређење експерименталних група ($p < 0,05$). Статистичка обрада и *Pearson-ова* корелациона анализа реализоване су у софтверу IBM SPSS Statistics 25.0.

Резултати и дискусија. У првом потпоглављу „Хемијска анализа брашна добијеног од алтернативних извора протеина коришћених у истраживањима“, кандидат је описао хемијски састав брашна добијеног од испитиваних извора протеина животињског порекла. Поменуте брашнасте компоненте коришћене су за припрему експерименталне хране за шарана и калифорнијску пастрмку. Испитивани су сува материја, протеини, масти и пепео. Најмањи садржај протеина утврђен је у брашну зоопланктона (47,54%), а највећи у брашну калифорнијске глисте (66,44%). Садржај сирових масти кретао се од 3,99% у брашну зоопланктона до 21,26% у брашну ларви великог брашнара. Анализирана је и количина пепела. Друго потпоглавље „Ефекат коришћења алтернативних извора протеина анималног порекла у храни за рибе на производне карактеристике и антиоксидативни статус код гајеног шарана (*Cyprinus carpio* L., 1758) у танк систему“ је подељено на четири поднаслова. У првом поднаслову „Хемијска анализа експерименталних храна коришћених у истраживањима на шарану“ описан је хемијски састав готових експерименталних смеша хране, које су формулисане за истраживања на шарану, након њихове финалне припреме. Анализирани су садржај суве материје, протеина, масти и пепела, при чему је циљ био да смеше садрже око 34% протеина и 9% масти, што је и потврђено добијеним резултатима анализе. Други поднаслов „Абиотички параметри квалитета воде у танк систему гајења шарана“ наведени су абиотички параметри који су праћени током експеримента са шараном у танк систему. Посматрани параметри су температура воде, рН вредност, концентрација раствореног кисеоника, сатурација и електропроводљивост воде. Њихово праћење је важно јер директно утичу на квалитет воде и услове живота риба, односно од њих зависи успешност експеримента. Други поднаслов је подељен на пет делова. У првом делу „Температура воде“, кандидат је описао просечне вредности температуре воде по танковима и периодима, за све четири експерименталне групе, у експерименту са шараном у танк систему. У другом делу „рН вредност воде“ описане су просечне рН вредности воде по танковима и периодима, за све четири експерименталне групе, у експерименту са шараном гајеним у танк систему. Трећи део „Концентрација раствореног кисеоника у води“ садржи просечне вредности концентрације кисеоника у води по танковима и периодима, за све четири експерименталне групе, у експерименту са шараном у танк систему. У четвртм делу „Засићеност воде кисеоником“ приказане су просечне вредности засићености воде кисеоником по танковима и периодима, за све четири експерименталне групе, у експерименту са шараном у танк систему. Док су у последњем делу „Електропроводљивост воде“ описане просечне вредности овог абиотичког параметра по танковима и периодима, за све четири експерименталне групе, у експерименту са шараном у танк систему. На крају другог поднаслова поменут је значај квалитета воде. Током експеримента просечна температура воде износила је 23,47 °C, просечна рН је 8,14, концентрација кисеоника 8,83 mg/L, сатурација 104,17%, а електропроводљивост 473,33 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Сви параметри били су у оптималним границама. У трећем поднаслову „Параметри прираста и искористивости хране код шарана храњеног експерименталним хранама са различитим алтернативним изворима протеина у танк систему“ описане су просечне вредности параметара прираста и искористивости хране код шарана у танк систему. Просечне вредности ових параметара приказане су кроз три експериментална периода, а на крају овог поднаслова дате су обједињене просечне вредности (од почетка до краја) добијене у овом експерименту. Резултати показују да замена рибљег брашна брашном алтернативних извора протеина нема негативан утицај на прираст и искористивост хране код шарана у танк систему. Најбоље резултате остварила је експериментална група храњена храном која

садржи брашно ларви великог брашнара (НТМ). Ова група је остварила статистици значајно највећи просечни прираст (42,93 g), специфичну стопу раста (1,78% dan⁻¹), коефицијент раста за термичку јединицу (0,76 g^{1/3}(°Cd)⁻¹), уз најнижу просечну вредност коефицијента конверзије хране (1,17 g). Остале експерименталне групе оствариле су сличне резултате, без статистички значајних разлика код већег броја параметара. Ова чињеница показује да се ови алтернативни извори протеина могу успешно користити као замена за рибље брашно, без негативног утицаја на поменуте параметре. Параметри као што су преживљавање, кондициони фактор, хепатосоматски и висцеросоматски индекс показали су да замена традиционалног извора протеина није имала негативан утицај на рибе. У четвртом поднаслову „Профил одабраних антиоксидативних биомаркера шарана храњеног експерименталним хранама са различитим алтернативним изворима протеина у танк систему“ описано је да различити извори протеина имају утицај на активност антиоксидативних ензима код шарана. Активност SOD није се статистички значајно разликовала између експерименталних група, иако је најмања активност овог ензима (201,52 U/mg протеина) измерена код риба храњених храном базираном на брашну зоопланктона (HZO), док је највећа активност SOD (246,46 U/mg протеина) измерена код риба храњених храном базираном на брашну добијеном од калифорнијске глисте (HEF). Активност CAT је била статистички значајно већа у контролној групи (781,19 μmol H₂O₂/min/mg протеина) у поређењу са осталим експерименталним групама. Ензим GPx, који има улогу у неутрализацији H₂O₂ и липидних пероксида, показала је статистички значајно вишу активност код риба храњених HEF (9421,65 nmol NADPH/min/mg протеина) и HZO (9852,67 nmol NADPH/min/mg протеина), док је статистички значајно најнижа вредност од 2321,18 nmol NADPH/min/mg протеина измерена код риба храњених храном која је базирана на брашну ларви великог брашнара (НТМ). Нижа активност GPx у НТМ групи сугерише на смањену способност ове групе риба за неутрализацију H₂O₂ и липидних пероксида, што може указати на слабију адаптацију за овај тип хране. Разлике у активности GPx могу бити повезане са садржајем селена у храни, што значи да уколико брашно добијено од калифорнијске глисте и зоопланктона садржи више селена, може имати директан утицај на већу активност GPx. Активност GST, била је значајно нижа у HZO групи (3224,33 nmol GSH/min/mg протеина) у поређењу са НТМ и НТМ, без разлика међу осталим групама. У трећем потпоглављу **„Ефекат коришћења алтернативних извора протеина анималног порекла у храни за рибе на производне карактеристике и антиоксидативни статус код гајеног шарана (*Cyprinus carpio* L., 1758) у кавезном систему“**, кандидат је навео да је у експерименту са шараном у кавезном систему коришћена иста формулација хране као за експеримент са шараном у танк систему. Ово потпоглавље подељено је на три подналова. У првом поднаслову „Абиотички параметри воде у земљаном објекту за кавезно гајење шарана“ описани су абиотички параметри воде који су праћени током трајања експеримента. Параметри који су праћени су температура воде, рН вредност, концентрација раствореног кисеоника, zasiћеност воде кисеоником и електропроводљивост воде. Под другим поднасловом „Параметри прираста и искористивости хране код шарана храњеног експерименталним хранама са различитим алтернативним изворима протеина у кавезном систему“, кандидат је приказао просечне вредности параметара прираста и искористивости хране код шарана у кавезном систему. Просечне вредности су приказане кроз три експериментална периода, а на крају овог подналова приказане су обједињене просечне вредности које обухватају целокупан експеримент (од почетка до краја). Резултати показују да се рибље брашно у храни за шарана у кавезном систему може у потпуности заменити алтернативним изворима протеина животињског порекла без статистички значајног утицаја на параметре прираста и искористивости хране, као и на стопу преживљавања шарана. Алтернативни извори протеина нису имали статистички значајан утицај на фактор кондиције риба (CF), хепатосоматски индекс (HSI) и висцеросоматски индекс (VSI), што показује да шаран може ефикасно користити брашно калифорнијске глисте и друге алтернативне замене за рибље брашно као одржив извор протеина. У трећем поднаслову „Профил одабраних

антиоксидативних биомаркера шарана храњеног експерименталним хранама са различитим алтернативним изворима протеина у кавезном систему“ наведено је да је тип хране имао утицај на антиоксидативни статус шарана. Рибе храњене HEF имале су статистички значајно већу активност ензима SOD (166,17 U/mg протеина), CAT (3913,53 $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2/\text{min/mg}$ протеина) и GST (3250,90 nmol GSH/min/mg протеина) у јетри, што може бити резултат специфичних фактора у кавезном систему. Односно, рибе у кавезном систему нису у потпуности биле изоловане од природне хране, што доводи до закључка да је интеракција између природне хране доступне у језеру и хране базиране на брашну калифорнијске глисте утицала на промене активности антиоксидативних ензима. Са друге стране, највиша активност GPx је измерена код експерименталне групе храњене HZO (1023,68 nmol NADPH/min/mg протеина). Упоредна анализа са другим системима гајења показује да различити типови хране и услови гајења селективно регулишу активност антиоксидативних ензима, што ставља акценат на значај окружења у одржавању физиолошке хомеостазе. У потпоглављу **„Ефекат коришћења алтернативних извора протеина анималног порекла у храни за рибе на производне карактеристике и антиоксидативни статус код калифорнијске пастрмке (*Oncorhynchus mykiss* (Walb., 1792))“** у танк систему кандидат је представио резултате добијене у експерименту са калифорнијском пастрмком. У првом поднаслову „Хемијска анализа алтернативних извора протеина“, кандидат је навео резултате хемијске анализе брашна добијеног од алтернативних извора протеина. Анализирана је сува материја, сирови протеини, сирови липиди и сирови пепео. У поднаслову „Хемијска анализа експерименталних храна коришћених у истраживању на калифорнијској пастрмци“, кандидат је описао хемијску анализу експерименталних смеша коришћених у истраживању на калифорнијској пастрмци након процеса екструдирања. Анализирани су основни параметри (сува материја, протеини, масти и пепео), при чему је овим анализама потврђено да су експерименталне хране задовољиле циљне вредности од око 40% протеина и 22% масти. Такође, наведено је да је поред основних параметара испитан и маснокиселински профил смеша коришћених у експерименту. Под поднасловом „Абиотички параметри воде у танк систему гајења калифорнијске пастрмке“ описан је значај параметара квалитета воде за здравље и узгој калифорнијске пастрмке. Наведено је да одступање од оптималних вредности могу изазвати стрес, а уколико то одступање потраје може довести до разних патолошких стања или угинућа риба. Као најважнији абиотички параметри праћени су температура воде, pH вредност, концентрација и zasiћеност воде кисеоником и електропроводљивост воде. Овај поднаслов је подељен на пет делова. У првом делу „Температура воде“, кандидат је описао просечне вредности температуре воде по танковима и периодима, за све четири експерименталне групе, у експерименту са калифорнијском пастрмком у танк систему. У другом делу „pH вредност воде“ описане су просечне pH вредности воде по танковима и периодима, за све четири експерименталне групе, у експерименту са калифорнијском пастрмком у танк систему. У трећем делу „Концентрација раствореног кисеоника у води“, кандидат је навео просечне вредности концентрације раствореног кисеоника у води по танковима и периодима, за све четири експерименталне групе, у експерименту са калифорнијском пастрмком у танк систему. У четвртном делу „Засићеност воде кисеоником“ наведене су просечне вредности сатурације воде по танковима и периодима, за све четири експерименталне групе, у експерименту са калифорнијском пастрмком у танк систему. У последњем делу „Електропроводљивост воде“ представљене су просечне вредности електропроводљивости воде по танковима и периодима, за све четири експерименталне групе, у експерименту са калифорнијском пастрмком у танк систему. На крају овог подналова приказане су обједињене просечне вредности абиотичких параметра (од почетка до краја експеримента). Просечне температуре воде кретале су се између 20,85 и 20,88 °C. pH вредности су биле у опсегу од 8,28 до 8,36, док је концентрација раствореног кисеоника од 7,86 до 8,01 mg/L, што је у складу са препорукама за гајење ове врсте риба. Сви ови параметри су били у границама оптималних вредности, омогућавајући успешну реализацију експеримента и тумачење резултата утицаја

различитих врста хране на посматране параметре. У поднаслову „Параметри прираста и искористивости хране код калифорнијске пастрмке храњене експерименталним хранама са различитим алтернативним изворима протеина у танк систему“ описане су просечне вредности параметара прираста и искористивости хране код калифорнијске пастрмке у танк систему. Просечне вредности ових параметара приказане су кроз три експериментална периода, а на крају овог поднаслова дате су обједињене просечне вредности (од почетка до краја) добијене у овом експерименту. Кандидат је навео да потпуна замена рибљег брашна брашном добијеног од калифорнијске глисте и ларви великог брашнара није имала статистички значајан утицај на параметре прираста пастрмке, специфичне стопе раста, коефицијента раста за термичку јединицу и коефицијент конверзије хране. Супротно овим резултатима рибе храњене експерименталном храном у чијој је формулацији коришћено брашно зоопланктона, оствариле су статистички значајно ниже вредности поменутих параметара у поређењу са групом чија се храна заснивала на рибљем брашну. Вредност FCR статистички је значајно виша код експерименталне групе чија је храна заснована на брашну зоопланктона (26,76 g), што се доводи у везу са нижим садржајем есенцијалних масних киселина и аминокиселина у овом извору протеина. Експерименталне смеше нису имале статистички значајан утицај на просечне вредности HSI, што сугерише да замена рибљег брашна овим алтернативним изворима протеина није имала негативан утицај на пастрмке. У подпоглављу „**Профил масних киселина у филету калифорнијске пастрмке**“ описан је утицај алтернативних извора протеина животињског порекла на маснокиселински профил у филетима калифорнијске пастрмке. Кандидат је навео да оваква исхрана доводи до статистички значајних промена у садржају масних киселина, пре свега има утицај на повећање засићених масних киселина (SFA) у филетима пастрмке храњене храном заснованом на брашну зоопланктона (26,16 g/100g), док храна која садржи брашно ларви великог брашнара или глиста има мањи утицај на укупан садржај SFA (25,30 g/100g, односно 24,15 g/100g). Укључивање ларви великог брашнара (29,21 g/100g) и зоопланктона (33,55 g/100g) у експерименталне смеше довело је до статистички значајног повећања MUFA, док HEF (25,22 g/100g) није имала статистички значајан утицај на MUFA у односу на експерименталну групу у којој је коришћено рибље брашно. Супротно овоме, код експерименталних група НТМ (45,48 g/100g) и НЗО (40,28 g/100g) долази до значајног смањена PUFA у односу на HFM. У подпоглављу „**Дескриптивна сензорна анализа**“ описан је сензорни профил филета калифорнијске пастрмке храњене храном са различитим алтернативним изворима протеина животињског порекла као потпуна замена за рибље брашно. Кандидат је навео да потпуна замена рибљег брашна има утицаја на укус, мирис, текстуру и боју филета пастрмке. Филети риба храњене HFM и НТМ имали су сличне сензорне профиле, док су филети риба храњене HEF имали изражен укус земље, а филети пастрмке храњене НЗО имали су тамнију боју, тврђу текстуру и мирис алги. Анализа принципијелних компоненти (PCA) омогућила је груписање узорака према доминантним сензорним особинама и јасно показала разлике између испитиваних експерименталних група. У подпоглављу „**Сензорна анализа**“ описани су резултати сензорне анализе печеног филета калифорнијске пастрмке, храњене храном базираном на алтернативним заменама за рибље брашно. Филети риба храњене НТМ имали су највише оцене за изглед, мирис, текстуру и укус. Ово нам сугерише да ларве великог брашнара представљају потенцијално добру замену за рибље брашно у погледу прихватљивости производа код потрошача. У подпоглављу „**Профил одабраних антиоксидативних биомаркера калифорнијске пастрмке храњене експерименталним хранама са различитим алтернативним изворима протеина у танк систему**“ описана је активност антиоксидативних ензима SOD, CAT, GPx и GST у јетри калифорнијске пастрмке храњене експерименталним хранама које су базиране на различитим изворима протеина. Највиша активност SOD (130,05 U/mg протеина) и CAT (726,93 $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2/\text{min}/\text{mg}$ протеина) измерена је код риба храњених HFM, док је најнижа активност GPx управо измерена у тој групи (43,58 nmol NADPH/min/mg протеина), најнижа активност GST измерена код НТМ (2024,31 nmol GSH/min/mg протеина),

а највећа код HZO (3397,14 nmol GSH/min/mg протеина). Кандидат наводи да потпуна замена рибљег брашна брашном инсеката изазива адаптивне промене у антиоксидативном систему (смањење SOD, повећање GPx и стабилне или благо промењене концентрације CAT), што указује на специфичну регулацију ензима јетре у задатим огледним условима.

Сви добијени резултати су продискутовани и упоређени са подацима доступним у литератури.

Закључак. Закључци правилно изведени и у потпуности произилазе из анализе прикупљених података током истраживања. На основу реализованог истраживања и анализе прикупљених података, закључено је да замена рибљег брашна у исхрани шарана и калифорнијске пастрмке алтернативним изворима протеина може значајно утицати на производне карактеристике, нутритивни састав и антиоксидативни статус ових врста риба. У танк систему, код шарана, најбоље производне карактеристике укључујући прираст, специфичну стопу раста и ефикасност конверзије хране, оствариле су рибе храњене храном која је базирана на брашну ларви великог брашнара. Остале формулације хране које садрже брашно калифорнијске глисте и зоопланктона, такође су допринеле ефикасном расту, али са нешто нижим вредностима коефицијената искористивости хране у односу на контролну групу. Активност антиоксидативних ензима показала је да је храна HFM и HZO најбоља у одржавању ензимске равнотеже, док SOD остаје стабилан без обзира на промену протеина у храни.

Експеримент у кавезном систему са шараном показао је да у присуству природне хране и променљивих услова околине, основни параметри раста и соматски индекси нису значајно варирали између посматраних група. Ипак, храна HEF је повећала активност више антиоксидативних ензима (SOD, CAT и GST), док је HZO највише утицала на активност GPx, указујући на селективну регулацију ензима у полуинтензивном условима.

Код калифорнијске пастрмке, у лабораторијским условима, експеримент је показао да замена рибљег брашна HTM и HEF побољшава производне карактеристике, док храњење риба HZO доприноси повољнијем односу масних киселина n-3/n-6. Активност антиоксидативних ензима варира у зависности од врсте хране, при чему HFM има утицај на CAT, док HTM и HEF имају селективан утицај на GST и GPx. Сензорне анализе показале су да филети риба храњених HTM и HEF спадају у категорију „врло добар“, док су HZO филети оцењени као „добри“, при чему су сви узорци показали задовољавајући ниво прихватљивости од стране потрошача.

Закључно, истраживања указују да брашно калифорнијске глисте, брашно ларви великог брашнара и брашно зоопланктона представљају одрживе и потенцијално ефикасне алтернативне замене рибљем брашну у формулацији комерцијалне хране за шарана и калифорнијску пастрмку.

Литература. У дисертацији је на правилан начин цитирано 390 литературних извора који су актуелни и одговарају предмету истраживања докторске дисертације.

Прилози. У оквиру Прилога А, Прилога Б и Прилога Ц приказане су допунске табеле и фотографије које су од значаја за боље разумевање ове докторске дисертације.

5. Остварени резултати и научни допринос дисертације

Ова докторска дисертација представља значајан научни и практични допринос у области аквакултуре, кроз истраживања могућности потпуне замене рибљег брашна

алтернативним изворима протеина животињског порекла у храни за шарана и калифорнијску пастрмку. Оригиналноста дисертације огледа се у експерименталној примени брашна добијеног од калифорнијске глисте, ларви великог брашнара и зоопланктона, што омогућава анализу њиховог утицаја на раст, конверзију хране и стање риба преко соматских фактора. Ова дисертација унапређује постојеће теоријске и практичне оквире у области исхране риба, дајући нове резултате у погледу нутритивне вредности и биолошке искористивости алтернативних извора протеина. Резултати потврђују могућност ефикасне и потпуне замене рибљег брашна, чиме се смањује зависност од све скупљег и мање доступног рибљег брашна, чиме се истовремено обезбеђује стабилност и одрживост производње хране за аквакултуру.

Практичан значај овог истраживања огледа се у проналажењу алтернативних извора протеина који су не само нутритивно квалитетни, већ и еколошки прихватљиви и економски исплативи. Употреба брашна добијеног од калифорнијске глисте, ларви великог брашнара и зоопланктона доприноси заштити животне средине, смањујући притисак на природне рибље ресурсе и подстиче коришћење локалних и обновљивих ресурса. На националном нивоу, дисертација има изузетан значај за Републику Србију, где аквакултура, а пре свега производња шарана, има велики значај. Примена резултата може допринети рационалнијој и економичнијој производњи хране за рибе, повећању конкурентности домаћих произвођача, јачању прехранбене сигурности и унапређењу производње.

Ова дисертација пружа научну основу за даља истраживања и примену иновативних протеинских компоненти у комерцијалној храни за рибе. Истовремено доприноси јачању научне и технолошке самосталности и развоју модерних, еколошки одговорнијих пракси у сектору аквакултуре Србије.

6. Објављени и саопштени резултати

Кандидат је као први аутор написао један научни рад који је тематски повезан са дисертацијом и објављен у водећем међународном часопису са SCI листе:

Marjanović, S. M., Belošević, S. D., Stanković, M. B., Banjac, V. V., Rakita, S. M., Vranković, J. S., & Marković, Z. Z. (2024). Complete replacement of fishmeal with unconventional animal protein sources: A comparative study of the effects of use of mealworm, earthworm and zooplankton on growth parameters, fatty acid composition and sensory profile rainbow trout. *Aquaculture Reports*, 39, 102512. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102512> (M21).

7. Закључак

На основу анализе докторске дисертације под насловом: „**Ефекат коришћења алтернативних извора протеина анималног порекла у храни за рибе на производне карактеристике и антиоксидативни статус гајеног шарана (*Cyprinus carpio* L., 1758) и калифорнијске пастрмке (*Oncorhynchus mykiss* (Walb., 1792))**“, кандидата Стефана М. Марјановића, мастер инжењера пољопривреде, Комисија сматра да је дисертација урађена према одобреној Пријави теме и да представља оригинално и самостално научно дело и да су се стекли услови за њену јавну одбрану.

Докторанд је систематично анализирао резултате релевантних истраживања других аутора, јасно дефинисао предмет и програм сопственог истраживања, као и циљ и основне хипотезе. У обради података примењене су одговарајуће статистичке методе, док су добијени резултати критички размотрени и адекватно интерпретирани, што је омогућило извођење валидних и научно утемељених закључака.

На основу свега изнетог, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију мастер инжењера пољопривреде Стефана М. Марјановића, под насловом: „**Ефекат коришћења алтернативних извора протеина анималног порекла у храни за рибе на производне карактеристике и антиоксидативни статус гајеног шарана (*Cyprinus carpio* L., 1758) и калифорнијске пастрмке (*Oncorhynchus mykiss* (Walb., 1792))**“ и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да усвоји Извештај о позитивној оцени и омогући кандидату јавну одбрану докторске дисертације.

Чланови Комисије:

Др Марко Станковић, ванредни професор, председник
Универзитет у Београду-Пољопривредни факултет
Ужа научна област: Примењена зоологија и рибарство

Др Божидар Рашковић, редовни професор, члан
Универзитет у Београду-Пољопривредни факултет
Ужа научна област: Примењена зоологија и рибарство

Др Зорка Дулић редовни професор, члан
Универзитет у Београду-Пољопривредни факултет
Ужа научна област: Примењена зоологија и рибарство

Др Слађана Ракита, виши научни сарадник, члан
Универзитет у Новом Саду-Научни институт за прехранбене технологије
Ужа научна дисциплина: Квалитет и безбедност хране за животиње

Др Војислав Бањац, виши научни сарадник, члан
Универзитет у Новом Саду-Научни институт за прехранбене технологије
Ужа научна дисциплина: Квалитет и безбедност хране за животиње

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Оцена извештаја о провери оригиналности докторске дисертације

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације под насловом: „**Ефекат коришћења алтернативних извора протеина анималног порекла у храни за рибе на производне карактеристике и антиоксидативни статус гајеног шарана (*Cyprinus carpio* L., 1758) и калифорнијске пастрмке (*Oncorhynchus mykiss* (Walb., 1792))**“, кандидата Стефана М. Марјановића, мастер инжењера пољопривреде, констатујем да утврђено подударање текста износи 27%. Утврђен степен подударности последица је цитата, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, цитираних метода који су примењени у истраживању као и претходно публикованих резултата истраживања из ове докторске дисертације у раду са SCI листе, што је у складу са чланом 9. Правилника.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујем да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

У Београду, 07.04.2026.

Др Зоран Марковић, редовни професор – ментор
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет
Ужа научна област: Примењена зоологија и рибарство

Др Јелена Вранковић, научни саветник – други ментор
Универзитет у Београду – Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ –
Институт од националног значаја за Републику Србију,
Ужа научна дисциплина: Екофизиологија водених животиња