

UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET VETERINARSKE MEDICINE
Katedra za ishranu i botaniku

Dejan N. Perić
Doktor veterinarske medicine

**Ispitivanje uticaja protektirane benzoeeve
kiseline i helatnih formi bakra, mangana i
cinka na zdravstveni status i proizvodne
performanse prasadi**

Doktorska disertacija

Beograd, 2024.

**UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF VETERINARY MEDICINE
Department of Nutrition and Botany**

Dejan N. Perić
Doctor of Veterinary Medicine

**Testing the effects of protected benzoic acid
and chelated forms of copper, manganese
and zinc on the health status and production
performance of piglets**

PhD Theses

Belgrade, 2024.

MENTOR:

Dr Radmila Marković, redovni profesor

Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine

Katedra za ishranu i botaniku

ČLANOVI KOMISIJE:

Dr Dragan Šefer, redovni profesor

Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine

Katedra za ishranu i botaniku

Dr Slađan Nešić, vanredni profesor

Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine

Katedra za patologiju

Dr Milorad Mirilović, redovni profesor

Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine

Katedra za ekonomiku i statistiku

Dr Nemanja Zdravković, viši naučni saradnik

Naučni institut za veterinarstvo Srbije, Beograd

Datum odbrane doktorske disertacije

.....

Zahvalnica

Ispitivanje uticaja protektirane benzoeve kiseline i helatnih formi bakra, mangana i cinka na zdravstveni status i proizvodne performanse prasadi

Rezime

U cilju ispitivanja opravdanosti i efekata upotrebe helatnih formi bakra, mangana i cinka, kao i protektirane benzoeve kiseline u ishrani na zdravstveni status i proizvodne performanse prasadi u odgoju organizovan je ogled po grupno-kontrolnom sistemu. Ogled je sproveden na 96 odlučenih prasadi istog porekla (Landras x Jorkšir) i jednakim odnosom polova. Nakon procesa odlučanja od krmače, prasad starosti 28 ± 1 dan nasumično su raspoređena u četiri grupe. Ogled je trajao 42 dana i bio je podeljen u dve faze. Prasad u eksperimentu hranjena su smešama standardnog sirovinskog i hemijskog sastava. Prva faza trajala je od 1. do 21. dana tokom koje su prasad konzumirala potpunu smešu za ishranu prasadi - starter, a druga faza od 21. do 42. dana, tokom koje su prasad konzumirala potpunu smešu za ishranu prasadi – grover. Svaka grupa u eksperimentu sastojala se iz šest podgrupa (dve muške i dve ženske jedinke po podgrupi). Potpuna smeša za ishranu kontrolne grupe prasadi (K) sadržala je mikroelemente neorganskog porekla (sulfatni oblik bakra - Cu, mangana - Mn i cinka - Zn) bez dodataka. U potpunoj smeši za ishranu prve ogledne grupe prasadi (O-I) mikroelementi Cu, Mn i Zn neorganskog porekla zamenjeni su mikroelementima Cu, Mn i Zn organskog porekla (130 ppm Cu, 60 ppm Mn i 60 ppm Zn u starter smeši i 80 ppm Cu, 60 ppm Mn i 60 ppm Zn u grover smeši), u helatnom obliku vezani za metionin. Potpuna smeša za ishranu druge ogledne grupe (O-II) bila je identična kao smeša za ishranu kontrolne grupe prasadi sa dodatkom protektirane benzoeve kiseline u količini od 2,5 kg/t. U potpunoj smeši za ishranu treće ogledne grupe prasadi (O-III) mikroelementi Cu, Mn i Zn neorganskog porekla zamenjeni su mikroelementima Cu, Mn i Zn organskog porekla (130 ppm Cu, 60 ppm Mn i 60 ppm Zn u starter smeši i 80 ppm Cu, 60 ppm Mn i 60 ppm Zn u grover smeši), u helatnom obliku vezani za metionin, sa dodatkom protektirane benzoeve kiseline u količini od 2,5 kg/t. Tokom ogleda vršen je monitoring zdravstvenog statusa, „Fecal“ skora i proizvodnih rezultata prasadi. Na početku i na kraju svake faze ogleda izvršeno je merenje telesne mase životinja, utrošak hrane, kao i uzimanje uzoraka potpunih smeša za analizu, a iz dobijenih podataka vršeno je izračunavanje ostalih proizvodnih rezultata. Poslednjeg dana ogleda, punkcijom *v. jugularis* uzorkovana je krv od šest prasadi iz svake grupe (jedno prase po podgrupi) u svrhu ispitivanja hematoloških i biohemijskih parametara. Potom je izvršeno planirano žrtvovanje po šest jedinke iz svake grupe (jedno prase po podgrupi), a prilikom žrtvovanja uzorkovani su segmenti creva i crevnog sadržaja duodenuma, jejunuma, ileuma i cekuma za fizičko-hemijska, histološka i mikrobiološka ispitivanja. Za sva ispitivanja korišćene su standardne i priznate metode sa potrebnim brojem ponavljanja za statističku obradu podataka. Tokom ogleda nije došlo do poremećaja zdravstvenog stanja i/ili ispoljavanja

kliničkih znakova oboljenja. Kontrolna grupa prasadi hranjena potpunim smešama bez ispitivanih dodataka postigla je uobičajenu telesnu masu, dnevni prirast, konzumaciju i konverziju hrane za datu rasu, starost i uslove držanja. Korišćenjem ispitivanih dodataka u smešama za ishranu oglednih grupa prasadi postignuti su statistički značajno bolji proizvodni rezultati u odnosu na kontrolnu grupu, s tim da je upotreba kombinacije helatnih formi mikroelemenata i protektirane benzoeve kiseline rezultovala najboljim proizvodnim performansama zasnovanim na najvećoj ostvarenoj telesnoj masi ($27,28 \pm 2,282$ kg), najvećem prosečnom dnevnom prirastu ($0,49 \pm 0,047$ kg) i najboljoj konverziji hrane ($1,81 \pm 0,035$ kg). Pozitivan uticaj upotrebe kombinacije ispitivanih dodataka na histološke karakteristike sluznice creva ostvaren je statistički značajnim povećanjem dužine i širine crevnih resica, kao i smanjenjem dubine kripte u svim ispitivanim segmentima creva, čime je povećan resorptivni kapacitet sluznice. Upotrebom kombinacije ispitivanih dodataka smanjen je prosečan broj *E. coli* u jejunumu i ileumu. U saglasnosti sa nabrojanim rezultatima bili su i rezultati monitoringa "Fecal" skora, dok su među ispitivanim tretmanima u rezultatima hematoloških i biohemijskih parametara primećene samo numeričke razlike. Korišćenje helatnih formi bakra, mangana i cinka, kao i protektirane benzoeve kiseline, kroz povećanje resorptivne površine creva i kontrolu enteropatogenih bakterija, pokazalo je svoj puni potencijal u stimulaciji rasta prasadi u odgoju.

Ključne reči: ishrana prasadi, helatne forme mikroelemenata, protektirana benzoeva kiselina, zdravstveno stanje, proizvodni rezultati

Naučna oblast: Veterinarska medicina

Uža naučna oblast: Ishrana i botanika

UDK broj: 636.084.1+636.084.5 (043.3)

Testing the effects of protected benzoic acid and chelated forms of copper, manganese and zinc on the health status and production performance of piglets

Summary

In order to investigate the justification and effects of using chelated forms of copper, manganese and zinc, as well as coated benzoic acid in the diet on the health status and production performance of weaned piglets, an experiment was organized according to the group-control system. The experiment was conducted on 96 weaned piglets of the same origin (Landras x Yorkshire) and with an equal sex ratio. After the weaning process, piglets aged 28 ± 1 days were randomly assigned to four groups. The experiment lasted 42 days and was divided into two phases. Experimental piglets were fed with mixtures of standard raw materials and chemical composition. The first phase lasted from 1-21 days during which the piglets consumed the complete mixture for feeding - starter, and the second phase from 21-42 days, during which the piglets consumed the complete mixture for feeding - grover. Each experimental group consisted of six replicates (two male and two female individuals per replicate). The complete mixture for feeding the control group of piglets (K) contained microelements of inorganic origin (sulfate forms of copper - Cu, manganese - Mn and zinc - Zn) without additives. In the complete mixture for feeding the first experimental group of piglets (O-I), microelements Cu, Mn and Zn of inorganic origin were replaced by microelements Cu, Mn and Zn of organic origin (130 ppm Cu, 60 ppm Mn and 60 ppm Zn in the starter mixture and 80 ppm Cu, 60 ppm Mn and 60 ppm Zn in the grover mixture), in chelated form bound to methionine. The complete feed mixture of the second experimental group (O-II) was identical to the feed mixture of the control group of piglets with the addition of protected benzoic acid in the amount of 2.5 kg/t. In the complete mixture for feeding the third experimental group of piglets (O-III), microelements Cu, Mn and Zn of inorganic origin were replaced by microelements Cu, Mn and Zn of organic origin (130 ppm Cu, 60 ppm Mn and 60 ppm Zn in the starter mixture and 80 ppm Cu, 60 ppm Mn and 60 ppm Zn in the grover mixture), in chelated form bound to methionine, with the addition of protected benzoic acid in the amount of 2.5 kg/t. During the experiment, the health status, "Fecal" score and production results of the piglets were monitored. At the beginning and at the end of each phase of the experiment, the body weights of the piglets were measured, feed consumption, as well as taking samples of complete mixtures for analysis, and from the obtained data, other production results were calculated. On the last day of the examination, by puncture of the *v. jugularis* blood was sampled from six piglets from each group (one piglet per replicate) for the purpose of examining hematological and biochemical parameters. After that, the planned sacrifice of six individuals from each group (one piglet per replicate) was carried out, and during the sacrifice, segments of the intestine and intestinal content of the duodenum, jejunum, ileum and

cecum were sampled for physico-chemical, histological and microbiological tests. For all tests, standard and recognized methods were used with a required number of repetitions for statistical data processing. During the trial, there were no disturbances in the state of health and/or manifestation of clinical signs of illness. A control group of piglets fed with complete mixtures without tested supplements achieved normal body weight, daily gain, feed consumption and feed conversion for the given breed, age and housing conditions. Statistically significantly better production results were achieved with the use of the examined supplements compared to the control group, with the fact that the use of a combination of chelated forms of microelements and protected benzoic acid resulted in the best production performance based on the highest achieved body weight (27.28 ± 2.282 kg), the highest average daily body gain (0.49 ± 0.047 kg) and the best feed conversion rate (1.81 ± 0.035 kg). The positive impact of the use of the combination of tested supplements on the histological characteristics of the intestinal mucosa was achieved by a statistically significant increase in the length and width of the intestinal villi, as well as a decrease in the depth of the crypts in all the examined segments of the intestine, which increased the resorptive capacity of the mucosa. Using the combination of tested supplements reduced the average number of *E. coli* in the jejunum and ileum, which is significant due to the fact that this microorganism is the most common intestinal pathogen in weaned piglets. The monitoring results of the "Fecal" score were also in agreement with the listed results, while only numerical differences were observed in the results of the hematological and biochemical parameters among the examined treatments. The use of chelated forms of copper, manganese and zinc, as well as protected benzoic acid, through increasing the resorptive surface of the intestines and controlling enteropathogenic bacteria, has shown its full potential in stimulating the growth of weaned piglets.

Key words: piglets nutrition, chelated forms of microelements, protected benzoic acid, health status, production results

Scientific field: Veterinary Medicine

Field of academic expertise: Animal Nutrition and Botany

UDC number: 636.084.1+636.084.5 (043.3)

Sadržaj

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	4
2.1. ODLUČENJE PRASADI	4
2.1.1. Proces odlučanja prasadi	4
2.1.2. Ishrana odlučene prasadi	5
2.1.3. Faktori rizika u procesu odlučanja prasadi	7
2.1.4. Uticaj procesa odlučanja na sastav crevne mikroflore prasadi	9
2.1.5. Uticaj odlučanja na morfološke i fiziološke karakteristike digestivnog trakta prasadi	11
2.1.6. Uticaj odlučanja na pH vrednost u digestivnom traktu prasadi	14
2.2. ADITIVI U HRANI ZA ŽIVOTINJE	15
2.2.1. Uloga i značaj mikroelemenata u hrani za životinje.....	15
2.2.2. Izvori i nivoi mikroelemenata u hrani za životinje.....	19
2.2.3. Efekti upotrebe organskih formi mikroelemenata (bakar, mangan, cink) u hrani za prasadi	24
2.2.4. Uloga i mehanizam dejstva dodatka organskih kiselina u hranu za prasadi	28
2.2.5. Upotreba benzojeve kiseline u ishrani prasadi	30
3. CILJ I ZADACI ISPITIVANJA	34
3.1. Zdravstveno stanje i mortalitet	35
3.2. Proizvodni rezultati	35
3.3. Histomorfološka ispitivanja (duodenum, jejunum, ileum i cekum)	35
3.4. Masa organa	35
3.5. Elektrohemijska reakcija	35
3.6. Mikrobiološka ispitivanja (duodenum, jejunum, ileum i cekum)	36
3.7. Hematološki i biohemijski parametri u uzorcima krvi prasadi	36
3.8. “Fecal” skor	36
3.9. Korelaciona zavisnost između telesne mase prasadi i morfometrijskih parametara pojedinih segmenata creva	36
3.10. Ekonomska isplativost proizvodnje	36
4. MATERIJAL I METODE	37
4.1. Izbor materijala	37
4.2. Držanje i hranjenje prasadi	37
4.3. Formiranje ogleđa	38
4.4. Ishrana prasadi	38
4.5. Metode hemijske analize smeša	41
4.6. Zdravstveno stanje	42
4.7. Proizvodni rezultati	43
4.8. Histomorfološka ispitivanja	43
4.9. Ispitivanje elektrohemijske reakcije (pH) himusa	43
4.10. Mikrobiološka ispitivanja	44
4.11. Hematološki i biohemijski parametri	44
4.12. “Fecal” skor	45
4.13. Ispitivanje ekonomske isplativosti proizvodnje	45
4.14. Statistička obrada podataka	46

5. REZULTATI ISPITIVANJA.....	48
5.1. Hemijski sastav smeša.....	48
5.2. Zdravstveno stanje životinja	49
5.3. Proizvodni rezultati.....	49
5.3.1. Telesne mase prasadi.....	49
5.3.2. <i>Prosečni ukupni i dnevni prirasti prasadi</i>	50
5.3.3. <i>Prosečna ukupna i dnevna konzumacija hrane</i>	52
5.3.4. <i>Prosečna konverzija hrane</i>	54
5.4. Histomorfološka ispitivanja	55
5.5. Elektrohemijska reakcija (pH vrednost) himusa	71
5.6. Mikrobiološka ispitivanja.....	73
5.7. Hematološki i biohemijski parametri.....	81
5.8. “Fecal” skor	89
5.9. Korelaciona zavisnost između telesne mase prasadi i morfometrijskih parametara pojedinih segmenata creva	89
6. DISKUSIJA	96
6.1. Hemijski sastav smeša.....	96
6.2. Zdravstveno stanje	97
6.3. Proizvodni rezultati.....	99
6.3.1. Telesne mase prasadi.....	99
6.3.2. <i>Prosečni prirasti prasadi</i>	101
6.3.3. <i>Prosečna konzumacija hrane</i>	102
6.3.4. <i>Prosečna konverzija hrane</i>	104
6.4. Histomorfološka ispitivanja	106
6.4.1. <i>Prosečna dužina i masa creva prasadi po segmentima</i>	106
6.4.2. <i>Morfometrijski parametri duodenuma, jejunuma, ileuma i cekuma prasadi</i>	109
6.5. Elektrohemijska reakcija (pH vrednost) himusa	114
6.6. Mikrobiološka ispitivanja.....	116
6.7. Hematološki i biohemijski parametri.....	123
6.8. “Fecal” skor	136
6.9. Korelaciona zavisnost između telesne mase prasadi i histomorfometrijskih parametara pojedinih segmenata creva	138
6.10. Ispitivanje ekonomske isplativosti proizvodnje.....	140
7. ZAKLJUČCI	144
8. SPISAK LITERATURE.....	146

1. UVOD

Od trenutka pripitomljavanja svinja do danas, svinjsko meso ima važnu ulogu u proizvodnji adekvatne količine namirnica za ishranu ljudi. S obzirom da svinjsko meso po potrošnji prevazilazi sve druge vrste mesa širom sveta, očigledno je da uzgoj ove životinjske vrste predstavlja ključnu kariku u obezbeđivanju visokokvalitetnih proteina. Proizvodnja svinja nastavlja da raste u delovima sveta gde je pristup žitaricama kao osnovnom izvoru energije u smešama u izobilju. Takođe, jedan od uslova za koncentraciju svinjarske proizvodnje je i prisustvo alternativnih izvora proteina, kao najskuplje komponente u obroku svih kategorija svinja. Svinje su prilagodljive različitim klimatskim uslovima o čemu svedoči veliki broj rasa prisutnih širom sveta, pogotovo danas kada se svinje uzgajaju u zatvorenim, intenzivnim farmskim sistemima. Trenutni trend je manji broj proizvođača odgovornih za veći broj svinja koje su skoncentrisane na velikim farmskim sistemima. Globalno, zemlje Azije su najdominantnije u uzgoju svinja, čineći preko 62% ukupnog broja. Zatim, zemlje Evropske unije čine skoro 15%, a Severna Amerika 10% globalnog uzgoja svinja.

Ekonomska održivost svinjarske proizvodnje ima za cilj obezbeđivanje odgovarajućih smeštajnih i ambijentalnih uslova, dobre genetske osnove, ustaljenih zdravstvenih preventivnih programa, adekvatno izbalansiran obrok, kao i efikasan plan ishrane životinja, koja na intenzivnim farmskim sistemima predstavlja u proseku 60-70% troškova. Upravo u oblasti ishrane svinja, sa kontinuiranim procesom napretka u razumevanju biohemijskih i fizioloških procesa u organizmu, nalazi se potencijal za razvoj intenzivne svinjarske proizvodnje. Pred nutricioniste postavljen je jasan zadatak koji podrazumeva precizno formulisanje smeša za ishranu svinja, pogotovo prasadi kao najosetljivije kategorije. Ograničena sposobnost i aktivnost digestivnog trakta prasadi u procesu odlučanja zahteva maksimalno prilagođavanje strukture obroka specifičnim potrebama. Pri formulisanju smeša za ishranu prasadi, važno je voditi računa o nivou, izvoru i kvalitetu kako proteina, tako i ostalih hranljivih materija. Sa ciljem ispunjenja zahteva konzumerizma, potrošačkog lobija, kao i novih zakonskih regulativa, sa motivom boljeg iskorišćavanja i duže održivosti hrane, a sa konačnim ciljem povećanja proizvodnje i poboljšanja kvaliteta namirnica animalnog porekla, pored osnovnih hraniva u smeše za ishranu svinja dodaje se veliki broj aditiva koji imaju različite namene.

Prema osnovnoj podeli dozvoljenih dodataka u hrani za životinje, grupi hranljivih dodataka pored vitamina i aminokiselina, pripadaju i mikroelementi. Mikroelementi su mineralne materije koje su u telu životinja zastupljene u tragovima (<100 ppm). Mikroelementi učestvuju u skoro svim fiziološkim i biohemijskim procesima i daju doprinos boljem iskorišćavanju energije, sintezi

proteina, ostvarenju boljih proizvodno-reproduktivnih potencijala i očuvanju zdravlja životinja, a životinjama se obezbeđuju putem hrane uglavnom u neorganskoj formi (oksidi, sulfati). Bez obzira na rezultate hemijske analize hrane koji pokazuju da je određeni mikroelement prisutan u dovoljnoj količini, često se javljaju klinički znaci deficita, jer iskoristivost varira ili se dati mikroelement nalazi u neiskoristivoj formi. Navedeno je posledica prisustva interferirajućih materija (fitinska kiselina, oksalna kiselina), interakcije sa drugim hranljivim materijama u digestivnom traktu ili kompeticije sa drugim elementima vezanoj za mehanizme resorpcije. Pored neorganskih formi mineralnih materija, u savremenoj ishrani upotrebljavaju se organski mikroelementi koji podrazumevaju specifičnu povezanost metalnog jona sa organskim jedinjenjem, peptidom ili aminokiselinom. Bilo koja od prirodnih aminokiselina može formirati stabilan petočlani prsten sa metalnim jonom. Formiranjem kompleksa koji poseduje jedan ili više heterocikličnih prstenova, dobija se struktura koja se naziva "helat". Helatne forme mikroelemenata su bolje zaštićene za vreme pasaže kroz želudac do mesta resorpcije nego neorganske soli. U kompleksu helata, mikroelementi se lakše resorbuju uz aminokiseline za koju su specifično vezani, pri čemu je fenomen interferencije sa drugim materijama na znatno nižem nivou.

Nakon odlučnja prasadi od krmače, nedostatak laktoze u kombinaciji sa niskim izlučivanjem hlorovodonične kiseline može da povisi pH vrednost duž gastrointestinalnog trakta, što predstavlja jedan od osnovnih uslova za razmnožavanje patogenih crevnih mikroorganizama i nastajanje dijareje. Pored hemijske sposobnosti modulacije elektrohemijske reakcije, organske kiseline kao dodaci hrani za životinje imaju sposobnost pasiranja ćelijskog zida i ometanja fizioloških aktivnosti bakterijske ćelije (*E coli*, *C. perfringens*, *Salmonella* spp.). Efikasnost antimikrobne aktivnosti organske kiseline zavisi od pH vrednosti sredine u kojoj se nalazi i njene pK vrednosti (konstanta disocijacije kiseline). Visoka pK vrednost označava slabiju kiselinu i veću sposobnost antimikrobnog delovanja. Benzoeva kiselina, sa svojom visokom pK vrednošću, predstavlja aromatičnu karboksilnu kiselinu najjednostavnije građe i može se detektovati u želucu i tankom crevu prasadi jer se ne metaboliše tako brzo kao druge organske kiseline. Nakon primene benzoeve kiseline u hrani, pozitivni efekti su najzapaženiji kod svinja zbog smanjenja incidence dijareje. Novija, protektirana forma benzoeve kiseline podrazumeva tehnološki proces oblaganja supstrata, uglavnom lipidima, a ima za cilj produžavanje efekta primenjene kiseline celom dužinom gastrointestinalnog trakta.

Podaci o upotrebi helatnih formi mikroelemenata i benzoeve kiseline, pogotovo njene protektirane forme i uticaj ovih dodataka na proizvodne rezultate su nepotpuni, a mehanizmi dejstva nedovoljno razjašnjeni. U 21. veku povećana je svest o uticaju izlučenih mikroelemenata na hemijski sastav stajnjaka i životnu sredinu, koji je često uzrokovan povećanim doziranjem i niskom

iskoristivošću neorganskih formi minerala, što je prepoznato i ograničeno zakonskim regulativama. S obzirom na značaj i aktuelnost navedene teme, naučno opravdano je da se ispituju efekti upotrebe helatnih formi mikroelemenata i protektirane benzojeve kiseline na zdravstveno stanje i proizvodne performanse prasadi u odgoju.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. ODLUČENJE PRASADI

2.1.1. Proces odlučanja prasadi

Odlučenje prasadi u intenzivnoj svinjarskoj proizvodnji, prema savremenoj tehnologiji, obično se dešava između 21. i 28. dana starosti i to je proces pri kojem se prasad odvajaju od krmače i odvođe u novu sredinu (iz prasilišta u odgajalište), spajaju se sa drugim prasadima i menjaju nutritivne navike prelaskom sa majčinog mleka na čvrstu brašnastu ili peletiranu hranu kompleksnog sastava (Varley i Wiseman, 2001). Ranim odlučanjem prasadi na farmama povećava se indeks prašenja krmača što se pozitivno odražava na ekonomičnost proizvodnje. Skraćanjem perioda laktacije, krmače manje gube na kondiciji i skraćuje se servis period tako da se prvi estrus javlja već posle pet dana od zasušenja mlečne žlezde (Jensen, 1998). Ranijim odvajanjem prasadi od krmače smanjuje se rizik od prenosa bolesti, a prasadima se pruža mogućnost da ispolje veliki potencijal za rast, s obzirom da prasad koja sisaju zbog ograničenja u količini i sastavu mleka nisu u stanju da u potpunosti zadovolje genetski potencijal proizvodnih rezultata (Pluske i sar., 1997). Procesom odlučanja, prasad ranije stiču sposobnost da konzumiraju suhu hranu mimo majčinog mleka, podstičući razvoj gastrointestinalnog trakta i lučenje digestivnih enzima, posledično ostvarujući bolje proizvodne rezultate (Bruininx i sar., 2001).

Upravo zbog nagle promene forme i sastava hrane, intenzivno svinjarstvo podrazumeva primenu predstarter smeša kod prasadi na sisi, a sve u cilju smanjenja fenomena stresa pri odlučanju. Promene u ishrani, psihološkom stanju i životnoj sredini predstavljaju stres za prasad, pa je moguća pojava anoreksije u prvih nekoliko dana nakon odlučanja (Pluske i sar., 2007). Nabrojani faktori dovode do gastrointestinalnih poremećaja kao što su promene u strukturi tankog creva, u aktivnosti enzima, zatim prolazno povećan permeabilitet sluzokože, poremećena ravnoteža apsorpciono-sekretornih elektrolita i izmenjeno lučenje proinflamatornih citokina (Lallès, i sar., 2007). Svaki od ovih faktora, ali često i udruženi, izazivaju dijareju, suboptimalan rast, povećanu stopu morbiditeta i (ili) mortaliteta (Pluske i sar., 1997). Koeficijent mortaliteta nakon odlučanja je 6–10%, a taj procenat u pojedinim slučajevima može da iznosi i do 20% (Xiong i sar., 2019).

Na negativne posledice odlučanja prasadi, ako uzmemo u obzir sve faktore u proizvodnji, mogu uticati i zdravlje i produktivnost krmača još pre samog rođenja prasadi. Stoga, u svrhu ublažavanja štetnih efekata stresa pri odlučanju prasadi koriste se adekvatan smeštaj i ishrana krmača, obezbeđivanje pravovremenog unosa kolostruma i dovoljne količine mleka, rana

socijalizacija, korišćenje predstarter smeša kod prasadi tokom laktacije itd. Tehnološka poboljšanja u uslovima držanja, kao i preventivne mere u postizanju boljeg zdravstvenog statusa korišćene su da bi se minimizirali neki od štetnih efekata stresa nakon odlučanja, ali je potrebno bolje razumevanje biološkog uticaja stresa da bi se primenile efikasne mere za prevazilaženje stresa u ovom periodu (Radulović, 2014). Pored adekvatnih strategija koje se oslanjaju na dobar farmski menadžment, pažnja naučne javnosti usmerena je na definisanje savremenih nutritivnih rešenja nakon odlučanja.

2.1.2. Ishrana odlučene prasadi

Razvoj intenzivne svinjarske proizvodnje je kontinuiran proces zbog napretka u razumevanju biohemijskih i fizioloških procesa u organizmu svinja, kao i unapređenja tehnologije proizvodnje. S obzirom da hrana učestvuje sa 60-70% u ukupnim troškovima proizvodnje svinjskog mesa (Gutierrez i Patience, 2012), naučna i stručna javnost konstantno radi na prilagođavanju smeša za prasad visokim i specifičnim potrebama u hranljivim materijama ove kategorije životinja. Zbog sve većih zahteva konzumerizma, a poštujući proizvodne prioritete (bolje iskorišćavanje hrane, duža održivost, lakša manipulacija) sa konačnim ciljem povećanja proizvodnje i poboljšanja kvaliteta namirnica animalnog porekla, pored osnovnih hraniva u smeše se dodaje veliki broj aditiva koji imaju različite namene (Šefer i sar., 2014).

Iskorišćavanje hrane kod svinja uslovljeno je anatomskim i fiziološkim specifičnostima gastrointestinalnog sistema. Svinja je monogastrična životinja i poseduje tipičan enzimski sistem varenja hrane. Kod prasadi, u prvim nedeljama života iskorišćavanje hranljivih materija je manje, a sa povećanjem starosti ono se povećava. Konkretno, proteolitički enzimski sistem dostiže maksimum aktivnosti u petoj nedelji, a lipolitički i amilolitički u četvrtoj nedelji života prasadi. Nakon ovog perioda dešava se i smanjenje aktivnosti laktaze, kada je smanjen nivo i značaj laktoze kao izvora energije. Svinje su po svojoj prirodi svaštojedi i imaju afinitet za konzumiranje hraniva kako biljnog, tako i životinjskog porekla. Efikasno iskorišćavaju skrob, mast i protein, a s obzirom da se u organima za varenje ne nalazi specifična bakterijska flora sposobna da razlaže celulozu u većoj meri, primena ove hranljive materije u smešama je ograničena (Ševković i sar., 1991).

Kod prasadi u periodu sisanja starosti do dve nedelje, potrebe u svim hranljivim materijama, osim u gvožđu, obezbeđene su konzumiranjem mleka krmače. Zbog težnje savremene i intenzivne svinjarske proizvodnje, afiniteta prasadi za brzim rastom, kao i bržeg i efikasnijeg privikavanja prasadi na drugačiji režim ishrane koji im sleduje nakon odlučanja, kod prasadi na sisi uvode se u upotrebu predstarter smeše. Primarni cilj prihranjivanja prasadi je blagovremena adaptacija enzimskog sistema u digestivnom traktu (Jurgens, 2002). Smeše za ishranu svinja u Srbiji

koncipiraju se prema potrebama definisanim Pravilnikom o kvalitetu hrane za životinje, poznatim svetskim vodičima za ishranu životinja kao što je NRC (National Research Council: Nutrient Requirements of Swine. 11th Edition, National Academies Press 2012, Washington DC) ili INRAE (Composition and nutritive values of feeds for cattle, sheep, goats, pigs, poultry, rabbits, horses and salmonids), ali i vodičima poznatih genetičkih kuća u ovoj oblasti. Pored pisanih vrednosti, u obzir se uzimaju i specifičnosti koje definiše zdravstveni i imunološki status životinja, kao i zoohigijenski uslovi na farmama (Pastorelli i sar., 2012).

Ishrana odlučene prasadi je pojam koji obuhvata period odgoja prasadi od trenutka prestanka konzumiranja mlečne ishrane i procesa odlučanja do postizanja telesne mase od oko 25 kg. Proces odgoja prasadi je, sa aspekta smeša koje se koriste u ishrani, uglavnom višefazan (Pluske i sar., 2003). Pomenuti koncept podrazumeva korišćenje potpune smeše za ishranu prasadi do 15 kg telesne mase - starter smeša i potpune smeše za ishranu prasadi 15-25 kg telesne mase - grover smeša (Radulović, 2014). Ograničena sposobnost i aktivnost digestivnog trakta prasadi u procesu odlučanja zahteva maksimalno prilagođavanje strukture obroka specifičnim potrebama ove kategorije svinja. Pri formulisanju smeša za ishranu prasadi, važno je voditi računa o nivou, izvoru i kvalitetu kako proteina, tako i energije. Kao najpovoljniji izvor proteina u prvim danima nakon odlučanja prasadi ističe se mleko u prahu. Prednost mleka u prahu kao hraniva nije samo u visokom kvalitetu proteina, nego i u velikoj količini laktoze kao potpuno iskoristivom izvoru energije za prasad u tom periodu. Način za povećanje količine laktoze u obroku je, pored mleka u prahu i upotreba surutke, čime se obezbeđuje lako iskoristiv izvor energije za prasad. Laktoza povoljno utiče na iskorišćavanje kazeina i na produkciju mlečne kiseline, što posledično utiče na održavanje adekvatne pH vrednosti u gastrointestinalnom traktu prasadi (Kovčín, 1993). Pre procesa odlučanja, osnovni izvor energije u ishrani prasadi je mlečna mast i laktoza, dok se u obrocima odlučene prasadi izvori energije bitno menjaju. Karakteristika smeša za ishranu odlučene prasadi je uvek znatna količina skroba, iako prasad u ovom periodu nisu u stanju da efikasno iskorišćavaju skrob. Pored komponenti mlečnog porekla, energetske izvor u hrani za prasad predstavljaju i zrna žitarica obrađena na različite načine. Cilj obrade zrna je razlaganje skroba cepanjem ćelijskih opni, pri čemu sadržaj šećera raste na račun skroba što ostvaruje pozitivan uticaj na svarljivost. U kasnijoj fazi odgoja, biljna hraniva postaju osnovni izvor proteina, u prvom redu adekvatno termički obrađena sojina sačma i drugi sporedni proizvodi industrije ulja. Naravno, pri koncipiranju proteinskog sastava smeša, odabirom hraniva potrebno je voditi računa o adekvatnom aminokiselinskom sastavu (Cheeke, 1998). Potrebe prasadi u mikroelementima, ali i svih kategorija svinja su danas uglavnom poznate, ali se postavlja pitanje izvora iz kog potiču. Naime, neorganski oblici mikroelemenata su korišćeni godinama unazad u smešama za svinje uprkos lošoj iskoristivosti (Byrne i Murphy, 2022).

Savremene nutritivne strategije podrazumevaju upotrebu organskih formi mikroelemenata i benefiti njihove upotrebe opisani su u nastavku teksta. Doze vitamina u smešama za ishranu svinja utvrđene su pod određenim eksperimentalnim uslovima, ali u praktičnim uslovima, doze se sa napretkom nauke povećavaju sa ciljem preveniranja negativnih efekata deficita. Ovaj problem je posebno izražen u ishrani odlučene prasadi zbog neadekvatne konzumacije hrane i učestale pojave dijareje. U ovim uslovima, bez obzira na upotrebljenu dozu vitamina u smešama, resorpcija je mala (Kovčín, 1993). Pored sastava smeša, fizička forma hrane je od značaja za postizanje adekvatnih proizvodnih rezultata. Finoća mlevenja i prašnjavost brašnaste hrane doprinosi varijacijama u performansama. Peletiranje određenih tipova obroka, naročito onih koji sadrže ječam i druge žitarice sa većim sadržajem vlakana, može poboljšati efikasnost iskorišćavanja hrane (Jovanović i sar., 2001).

2.1.3. Faktori rizika u procesu odlučanja prasadi

Digestivni sistem ima višestruke funkcije, kao što su varenje i apsorpcija hranljivih materija i elektrolita, održavanje ravnoteže telesnih tečnosti, lučenje digestivnih enzima, mucina, imunoglobulina i drugih komponenti. Pored toga, ima i barijernu ulogu za domaćina sa ciljem zaštite od štetnih patogena i drugih antigena (Gao i sar., 2019). Zbog svog uticaja na zdravlje prasadi, vrlo je bitno da integritet i funkcija creva ostanu očuvani i u stresnim stanjima kao što je odlučenje. Pri odlučanju, prasadi su obično pod stresom zbog nutritivnih, psiholoških, ekoloških, fizioloških i socioloških faktora (Heo i sar., 2015). U ovom periodu, prasadi moraju naglo da se prilagode promeni vrste hrane koju konzumiraju, od tečnog mleka krmače koje je dobro svarljivo, ukusno i ravnomerno raspoređeno tokom dana, na čvrstu suhu hranu koja je manje svarljiva i ukusna. Kao posledica toga, konzumacija hrane se obično smanjuje u prvim danima nakon odlučanja i prasadi postaju neuhranjena sa smanjenom stopom rasta, ulazeći u energetske i proteinske deficite. U ovom periodu, obim i trajanje smanjenog unosa hrane su promenljivi. Procenjuje se da je do kraja prve nedelje nakon odlučanja, unos metaboličke energije (ME) oko 60-70% unosa mleka pre odlučanja i da je potrebno otprilike dve nedelje da bi se unos metaboličke energije vratio na nivo pre odlučanja (Le Dividich i Seve, 2000). Smanjena konzumacija hrane kod tek odlučene prasadi uglavnom se dovodi u vezu sa sastavom hrane, konkretno odnosom laktoze i proteina u hrani, što pokreće kaskadu događaja koja završava smanjenjem funkcije crevne barijere (Spreeuvenberg i sar., 2001). Sagledavajući uticaj na proizvodne rezultate u ovom periodu, prasadi gube oko 100-250 g telesne mase prvog dana nakon odlučanja i vraćaju ovaj gubitak telesne mase za oko 4 dana (Le Dividich i Seve, 2000). Razumevanje izazova i uticaja niske konzumacije hrane povezane sa odlučanjem i posledičnim uticajem na performanse prasadi može pomoći nutricionistima da implementiraju savremene strategije ishrane korišćenjem različitih dodataka za koje je dokazano da direktno ili indirektno povećavaju unos i svarljivost hrane (Pluske i sar., 2003).

U cilju prilagođavanja na novu sredinu, promena u ponašanju i sastavu hrane, prilikom odlučanja prasadi dolazi do modifikacije gastrointestinalne mikrobiote (Kluess i sar., 2010). Ovaj period je često povezan sa depresijom rasta zbog visoke incidence gastrointestinalnih poremećaja, a jedan od najčešćih je dijareja koja nastaje nakon odlučanja i smatra se glavnim zdravstvenim problemom ove kategorije svinja uzrokujući značajan morbiditet i mortalitet (Campbell i sar, 2013; Guan i sar., 2019). Naime, radi se o multifaktorijelnoj gastrointestinalnoj bolesti, a jedan od najvažnijih okidača bolesti je upravo sastav hrane kao glavni faktor koji utiče na crevni mikrobni ekosistem. Iako se pri dijagnostici vrlo često iz sadržaja creva izoluju pojedini mikroorganizmi (*E. coli*, *C. perfringens*), zbog redosleda događaja koji se dešavaju nakon odlučanja prasadi, dijareja ipak dobija pridev “nutritivna”. Upravo iz ovog razloga, jedan od najefikasnijih načina za ublažavanje stepena dijareje nakon odlučanja je regulisanje nutritivnog sastava hrane (Gao i sar., 2018). Različite nutritivne tehnike namenjene olakšavanju ovog perioda tranzicije kad je u pitanju ishrana prasadi istražene su u poslednjih nekoliko godina (Bauer i sar., 2006; Ma i sar., 2012; Jayaraman i sar., 2017; Gao i sar, 2018.) Rezultati pokazuju da specifične nutritivne strategije, kao što je kontrola proteina (Wu, 2016), vlakana (Mu i sar., 2017), skroba (Han i sar., 2012), ravnoteže elektrolita (Merchant i sar., 2011) i drugih materija u smešama za ishranu prasadi mogu smanjiti incidencu pojave dijareje nakon odlučanja (Ji i sar., 2017).

S obzirom na značaj funkcije creva kao organa koji je izložen raznim negativnim uticajima u periodu odlučanja prasadi, poslednjih godina u naučnoj javnosti posebna pažnja posvećuje se pojmu “zdravlja creva” i eubiotičkim odnosima svih faktora koji utiču na građu creva i crevni sadržaj. U literaturi se pojavljuje nekoliko definicija “zdravlja creva”. Zdrava creva su definisana kao „odsustvo/prevenција/izbegavanje bolesti tako da životinja može da obavlja svoje fiziološke funkcije kako bi izdržala egzogene i endogene stresore” (Kogut i Arsenault, 2016). Celi i sar (2017) naglasili su važnost efikasnog varenja i apsorpcije hrane, efikasne strukture i funkcije crevne barijere, interakcije domaćina sa crevnom mikrobiotom i efektivnog imunološkog statusa. Takođe, zdravlje creva u literaturi se opisuje i kao generalizovano stanje homeostaze u gastrointestinalnom traktu. Kriterijumi za procenu zdravlja creva odlučene prasadi uključuju efikasno varenje i apsorpciju hranljivih materija, efikasno izlučivanje nesvarenih hranljivih materija, efikasnost zaštitne barijere creva, stabilnu i odgovarajuću mikrobnu zajednicu, funkcionalan imunitet creva i odsustvo bolesti (Pluske i sar., 2018). Zdrava creva treba da poboljšaju ukupni kapacitet i sposobnost domaćina da odgovori i prilagodi se izazovima i stresu, a sve u cilju postizanja adekvatnih proizvodnih rezultata prasadi na intenzivnim svinjarskim farmama (Gao i sar, 2018).

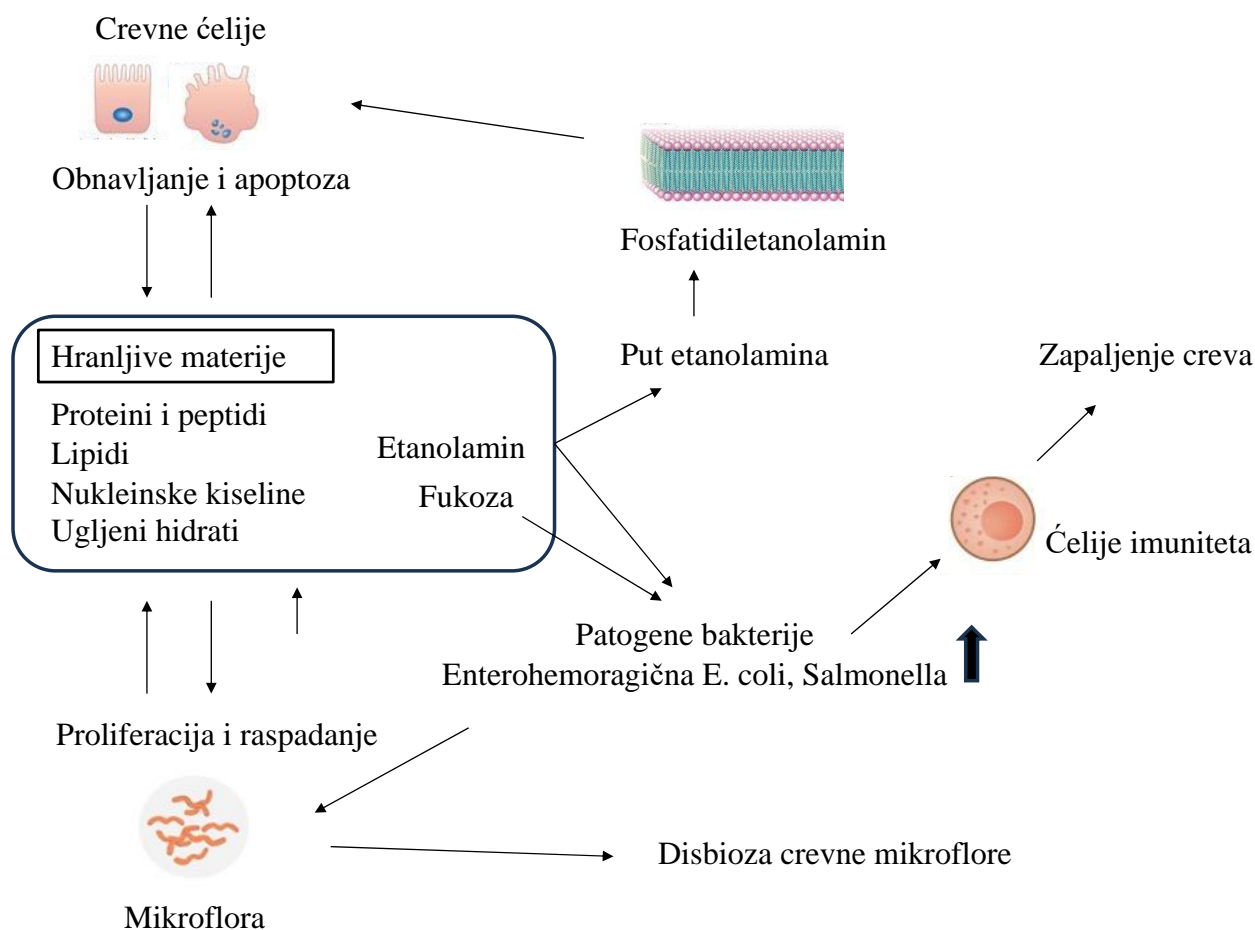
2.1.4. Uticaj procesa odlučnja na sastav crevne mikroflore prasadi

Opšte je poznato da proces mikrobne kolonizacije creva nakon rođenja igra važnu ulogu u razvoju neonatalnog imunog sistema sisara sa implikacijama tokom celog njihovog života. Kod ljudi, ovaj vremenski okvir je definisan kao period od 100 dana (Stiemsma i sar., 2017), tokom kojeg su disbioza i numeričke promene u specifičnim bakterijskim rodovima povezane sa povećanim rizikom od astme kasnije tokom života (Arrieta i sar., 2015). Iako se očekuje da slična zakonitost postoji i kod svinja (Knecht i sar., 2020), potrebna su dalja istraživanja da bi se razumeo uticaj ranih životnih događaja na mikrofloru prasadi i njegov potencijalni značaj za intenzivnu svinjarsku proizvodnju (Wang i sar., 2020).

Nesumnjivo, prvobitna crevna mikroflora prasadi potiče od krmača, što predstavlja važan proces u ranom uspostavljanju sastava mikroorganizama u crevima. Rezultati istraživanja o primeni crevne mikroflore krmača specifičnog sastava prasadima nakon rođenja, pokazale su da ovaj postupak može poboljšati proizvodne rezultate svinja u kasnijem periodu, smanjiti crevnu permeabilnost i stimulisati lučenje sekretornog IgA (Cheng i sar., 2019). Prema tome, faktori životne sredine krmače, sastav hrane i potencijalni tretman antibioticima mogu izazvati promene u mikrobioti majke, pa posledično ostvariti efekte na mikrofloru i fiziologiju creva prasadi (Kelly i sar., 2005). Uloga krmače kao faktora pri uspostavljanju crevne mikroflore kod prasadi mogla bi da počne i pre rođenja (Funkhouser i sar., 2013). U prošlim decenijama smatralo se da je okruženje materice sisara, kao i majčino mleko, sterilno. Međutim, studije su pokazale da su životinje izložene mikroorganizmima čak i pre rođenja (Rautava i sar., 2012) i da majčino mleko kod ljudi sadrži određene crevne mikroorganizme koji se prenose od majke do potomstva entero-mamarnim putevima (Rodríguez i sar., 2014).

Mikroflora creva prasadi pokazuje dinamičan sastav i raznovrsnost koja se menja tokom vremena (Porter and Kenworthy, 1969). Različiti nivoi izloženosti stresu ili upotrebi antibiotika mogu odrediti promene u kolonizaciji crevnih mikroorganizama kod prasadi osam dana nakon rođenja sa implikacijama na razvoj imuniteta (Schokker i sar., 2014). Pojedini rezultati istraživanja definišu razlike u crevnoj mikroflori prasadi već sedmog dana života, predisponirajući njihovu podložnost dijareji nakon odlučnja, a opet naglašavajući značaj ranog uspostavljanja sastava mikroflore za razvoj imunološkog odgovora (Dou i sar., 2017). Tokom proteklih decenija, interakcija između ishrane i crevne mikroflore, kao i njenog uticaja na zdravlje izaziva veliki interes. Inicijalne studije su prvenstveno bile fokusirane na klasifikaciju mikroorganizama koje formiraju mikrofloru creva i odnos sastava mikroorganizama sa zdravstvenim statusom domaćina (Hermannbank i sar., 2013). Nedavne studije ukazuju na interakciju između hrane i

mikroorganizama u odnosu na zdravlje domaćina (Rajoka i sar., 2017). Primarna mikroflora creva prasadi nakon rođenja formira se zahvaljujući prisustvu mleku krmača favorizujući bakterije mlečne kiseline (Zhao i sar., 2019). Međutim, tranzicioni period ishrane u periodu odlučanja smanjuje relativnu brojnost bakterija roda *Lactobacillus*, a povećava brojnost *Clostridium* spp., *Prevotella* spp., *Proteobacteriaceae* i *E. coli*, što povećava mikrobnu raznovrsnost u crevima (Williams i sar., 2005). Na sastav mikroflora creva prasadi, pored stresora koji se javljaju tokom procesa odlučanja, u najvećoj meri utiču nivoi i izvori proteina i vlakana u smešama za ishranu u ovom periodu (Hamer i sar., 2012). Interakcije između crevnih ćelija i crevne mikroflora su izuzetno važne za varenje i održavanje sastava hranljivih materija u sadržaju gastrointestinalnog trakta (Xiong i sar., 2019). Nasuprot tome, uravnotežen sastav hranljivih materija je takođe kritičan za obnavljanje i proliferaciju crevnih ćelija, kao i za održavanje uravnotežene mikrobne zajednice (Ijssennagger i sar., 2015). Tokom perioda nakon odlučanja prasadi, uprkos upotrebi predstartera, naglo smanjuju unos hrane zbog prelaska sa tečne ishrane na čvrstu hranu kompleksnog sastava i ostalih stresogenih faktora koji su prethodno detaljno opisani. Dakle, hranljivi sastojci za preživljavanje i razmnožavanje bakterija su takođe ograničeni. Patogene bakterije su u stanju da iskoriste posebne hranljive materije (npr. etanolamin, jedinjenje koje predstavlja slabu bazu i ima miris sličan amonijaku), čime pojačavaju ekspresiju svojih faktora virulencije (Wellock i sar., 2008). Na primer, i *Salmonela* i enterohemoragična *E. coli* mogu da koriste etanolamin kao izvor ugljenika ili azota u cilju sticanja nutritivne prednosti u nadmetanju sa drugim bakterijama (Lochlainn i sar., 2018). Enterohemoragična *E. coli* takođe može da koristi heksozni dezoksi šećer fukozu u svrhu aktivacije sistema sekrecije tipa III, što olakšava adheziju patogenih bakterija na enterocite domaćina (Bäumler i sar., 2016). Posledično, odlučena prasadi su podložnija zapaljenju creva i dijareji zbog brzog razmnožavanja patogenih bakterija.



Shema 2.1. Interakcije između crevnih ćelija i crevne mikroflоре (Xiong i sar., 2019)

Uzimajući u obzir značaj sastava crevne mikroflоре za prasad, pravilno uspostavljanje složenog i dobro izbalansiranog ekosistema u crevima trenutno je prepoznato kao ključna tačka u bilo kom programu smanjenja upotrebe antibiotika u stočarstvu (Liao i sar., 2017). Jedan od glavnih uzroka smanjene telesne mase odlučene prasadi i promenljivih proizvodnih rezultata prasadi u periodu sisanja je visoka prevalencija digestivnih poremećaja povezanih sa oportunističkim patogenima. Među njima, *E. coli* je glavni patogeni agens koji uzrokuje neonatalnu dijareju i dijareju nakon zalučenja, a posledično je odgovorna i za upotrebu velike količine antibiotika (López-Colom i sar., 2020). Poslednjih godina, različiti programi ishrane, ali i upotreba dodataka istražuju se kao način za borbu protiv ovog patogena i smanjenje incidence dijareje kod prasadi.

2.1.5. Uticaj odlučnja na morfološke i fiziološke karakteristike digestivnog trakta prasadi

Epitelni sloj lumena creva služi kao prva linija odbrane organizma od štetnih mikroorganizama, toksina ili antigena koji se nalaze u lumenu tankog creva. Kada je crevna barijera poremećena, rezultat je povećana permeabilnost koja omogućava potencijalnim toksinima, bakterijama ili antigenima iz hrane da prođu kroz epitel, što dovodi do infekcije, loše apsorpcije

hranljivih materija, dijareje, kao i lošijih proizvodnih rezultata (Moeser i sar., 2007). Intestinalni epitel karakteriše se brzom proliferacijom ćelija u kriptama, koje se zatim diferenciraju u osnovni mezenhim i resice (Van der Flier i Clevers, 2009). Epitelne ćelije creva kontinuirano i brzo proliferišu, u periodu od 4 do 5 dana (Qi i Chen, 2015). Matične ćelije u kriptama proizvode ćelije koje proliferišu i prolaze kroz niz tranzicija, a na kraju se diferenciraju u četiri izdiferencirana tipa ćelija koje se sastoje od jedne vrste apsorptivnih (enterocita) i tri tipa sekretornih ćelijskih linija (enteroendokrinih ćelija, peharastih ćelija i Panetovih ćelija). Apсорptivni enterociti čine do 90% epitelnih ćelija u sistemu kripa-resica (Zhou i sar., 2017). Panetove ćelije migriraju u bazu kripti, dok enteroendokrine ćelije i peharaste ćelije migriraju u resice (Baker, 2014). Proliferacija, diferencijacija i apoptoza intestinalnih epitelnih ćelija ima važnu ulogu u razvoju, održavanju i oporavku creva od oštećenja (Barszca i sar., 2011).

Dodatno, epitel creva olakšava razgradnju i apsorpciju hranljivih sastojaka preko aktivnosti enzima i niza transportera hranljivih materija, dok istovremeno omogućava dvosmerno kretanje velike količine vode preko transportera elektrolita, kanala i pumpi. Postoji nekoliko spoljašnjih i unutrašnjih mehanizama odbrane koje obezbeđuje gastrointestinalni epitel. Jedan od najkritičnijih mehanizama je uspostavljanje barijere propustljivosti, koja je regulisana tesnim međućelijskim vezama (engl. *tight junction*), a sastoje se od brojnih intracelularnih i apikalnih proteina međućelijske membrane kao što su zona okcludens, okcludini i klaudini (Edelblum i Turner, 2009). Ovi proteini regulišu propustljivost epitela selektivno modulirajući jon i veličinu pora ćelija poznatih kao funkcionalne ćelije (engl. *gate function*). Čvrstina spojeva ima ključnu ulogu u uspostavljanju epitelnog polariteta važnog za uspostavljanje apikalne i bazolateralne funkcije transportera i receptora. Polarizacija koju obezbeđuju funkcionalne ćelije je važna za održavanje apikalnog Na^+ gradijenta potrebnog za efikasan transport hranljivih materija (glukoza, aminokiseline) i vode (Turner i sar., 1997). Važnost odgovarajuće regulacije permeabilnosti epitela istaknuta je brojem bolesti povezanih sa „propustljivim crevima“, uključujući hronične upalne, alergijske reakcije, funkcionalne poremećaje i stanja sa potencijalnim letalnim efektom kao što su sepsa i disfunkcija organa (Marchiando i sar., 2010). Epitelnu barijeru creva takođe podržavaju specijalizovani tipovi epitelnih ćelija, kao što su peharaste ćelije koje obezbeđuju zaštitni mukozni sloj i Panetove ćelije koje luče antimikrobne peptide. Epitelne ćelije creva obezbeđuju puferezaciju i regulaciju pH vrednosti i sekreciju Cl^- i HCO_3^- jona koju velikim delom obavlja epitel crevnih kripti. Sposobnost da se pojača lučenje jona i tečnosti smatra se važnim mehanizmom za ispiranje patogena kao odgovor na stres i pojavu patogena (Moeser i Blikslager, 2007). Enteroendokrine ćelije igraju važnu ulogu u detekciji patogena i mogu da se sintetišu i oslobađaju neuropeptide kao što su serotonin i peptid II, koji imaju širok spektar fizioloških funkcija, od zaštite od patogena do

metaboličke regulacije apetita (Duca i sar., 2013). Epitelne ćelije creva ostvaruju imunološku ulogu prepoznavanjem signalnih molekula patogena i lučenjem interleukina (IL) i faktora rasta (npr. IL-17A, IL-33, IL-23 i transformišući faktor rasta-B), koji imaju važna imunomodulatorna svojstva (Schiering et al., 2014).

S obzirom na širok dijapazon crevnih funkcija, jasno je da svi stresogeni faktori koji narušavaju zdravlje creva izazivaju visoke stope morbiditeta i mortaliteta na intenzivnim svinjarskim farmama. Pri odlučanju prasadi, zajedno sa smanjenom konzumacijom hrane, dešavaju se i promene u strukturi i funkciji (aktivnost enzima, sekrecija) creva. Oslabljene fiziološke funkcije utiču na apsorpcioni kapacitet tankog creva što posledično utiče i na iskoristivost hrane (Pluske i sar., 1997). Odlučenje prasadi kao faza u odgoju, sa svim stresogenim faktorima koje podrazumeva, izaziva akutne i hronične strukturne i funkcionalne promene u tankom crevu, uključujući skraćivanje crevnih resica (atrofija resica) i povećanje dubine crevnih kripti (Boudry i sar., 2004). Atrofija resica i prateća hiperplazija kripti, pored već oslabljene crevne funkcije, dodatno narušavaju digestivni i apsorpcioni kapacitet, kao i performanse odlučene prasadi (Brown i sar., 2006; Gu i sar., 2002). Pojedini rezultati istraživanja pokazuju da se visina crevnih resica može smanjiti za oko 25 do 35% u prva 24 h nakon odlučanja kod prasadi odlučene sa 21 dan starosti. Smanjenje visine crevnih resica nastavlja se pet dana nakon odlučanja, kada dužina resica iznosi samo polovinu početne visine. Izduživanje crevnih kripti je takođe proces koji je iniciran procesom odlučanja prasadi, ali je dinamika povećanja dužine kripti dosta sporija nego u slučaju dužine crevnih resica i dešava se tokom prvih 11 dana nakon odlučanja (Hampson, 1986). Rezultati istraživanja pokazuju da stresogeni faktori izazvani procesom odlučanja smanjuju broj peharastih ćelija i proizvodnju mucina, narušavaju funkciju epitelne barijere, povećavaju permeabilitet creva, smanjuju ekspresiju proteina tesne međućelijske veze i povećavaju podložnost za crevne infekcije kod odlučene prasadi (Peace i sar., 2011). S obzirom da je proliferacija crevnih ćelija dinamičan proces, zapaženo je da se oštećenje crevne barijere izazvano stresom nakon procesa odlučanja obnavlja i vraća na nivo pre, ali i da taj proces započinje sedam dana nakon odlučanja (Wang i sar., 2016).

Aktivnost enzima i lučenje elektrolita u tankom crevu koristi se kao važan indikator sazrevanja i kapaciteta za varenje kod prasadi. Nakon procesa odlučanja, aktivnost digestivnih enzima kod prasadi je smanjena (Pluske i sar., 1997). Rezultati istraživanja ukazuju da, zbog promene sastava i oblika hrane, dolazi do smanjenja aktivnosti enzima maltaze, laktaze i aminopeptidaze dva dana nakon odlučanja, a da se vraćanje aktivnosti ovih enzima dešava tek nakon 8-15 dana od odlučanja. Sekrecija enzima pankreasa prolazno se smanjuje 15 dana nakon odlučanja, posle čega aktivnost tripsina i amilaze počinje da raste (Lallès i sar., 2004). Aktivnost alkalne

fosfataze, enzima koji ima važnu ulogu u detoksikaciji patogenog bakterijskog lipopolisaharidnog endotoksina i jedan je od nosilaca zaštitnog mehanizma od zapaljenje creva, takođe je smanjena u prvim danima nakon odlučnja (Lackeyram i sar., 2010). Malapsorpcija hranljivih materija u tankom crevu je pogoršana smanjenom apsorpcijom i sekrecijom elektrolita u ovom periodu (Nabuurs i sar., 1994). Ove promene utiču na sposobnost digestivnog, apsorpcionog i sekretornog kapaciteta tankog creva i na kraju na funkciju crevne barijere, što može doprineti pojavi dijareje nakon odlučnja.

Uzevši u obzir sve druge fiziološke odgovore koji su kompromitovani procesom odlučnja, a koji su rezultat strukturnih promena na crevima prasadi, izdvaja se lučenje proinflammatoryh citokina. Proinflammatory citokini ostvaruju uticaj na integritet creva i epitelnu funkciju putem menjanja permeabiliteta i sposobnosti za transport hranljivih materija. Takođe, regulišu i imunološku funkciju i metaboličke procese u crevima (McKay i sar., 1999). Tokom procesa odlučnja dolazi do promene ekspresije gena proinflammatoryh citokina kao što su IL-1 β , IL-6 i TNF- α (Pić i sar., 2004). Naime, u duodenumu i jejunumu javlja se povećana ekspresija TNF- α jedan dan nakon odlučnja, a u ileumu u periodu od drugog do osmog dana nakon odlučnja. Kada je imunološki sistem aktiviran, prirast, konzumacija i iskorišćavanje hrane su smanjeni. Dakle, stres uzrokovan odlučnjem utiče na strukturne promene, ali i na aktivne imune odgovore. U crevima se odvija oksidacija aminokiselina, zatim neto sinteza i korišćenje aminokiselina za sintezu proteina (Burrin i Stoll, 2003). Stoga je smanjenje ili ublažavanje simptoma potencijalnih bolesti nakon odlučnja i naknadnih efekata u strukturnim promenama creva i aktivaciji inflamatornog imunološkog odgovora neophodno za poboljšanje proizvodnih rezultata prasadi (Williams i sar., 1997).

2. 1. 6. Uticaj odlučnja na pH vrednost u digestivnom traktu prasadi

Pored smanjene konzumacije hrane i ostalih pratećih efekata na zdravstveno stanje digestivnog trakta prasadi, u danima nakon odlučnja smanjuje se lučenje i aktivnost enzima pankreasa, a lučenje hlorovodonične kiseline u želucu je neadekvatno (Jensen in sar., 1997, Wang i sar., 2008). Promene u količini izlučene hlorovodonične kiseline posledica su promene u hranidbenim navikama, kao i promene u formi i sastavu hrane koju prasad konzumiraju (Bolduan i sar., 1988, Sun, 2020). Pre odlučnja, kod prasadi na sisi, izlučivanje kiseline u želucu je na niskom nivou i glavni izvor kiselosti je bakterijska fermentacija laktoze do mlečne kiseline (Kommera i sar., 2006). Nedostatak supstrata laktoze favorizuje povećanje pH vrednosti duž gastrointestinalnog trakta. Povišen pH želuca utiče na lošije varenje hrane koja podleže fermentaciji u debelim crevima, što predstavlja jedan od osnovnih uslova za nastajanje dijareje (Konstantinov i sar., 2004).

Kiselost crevnog sadržaja u velikoj meri utiče na sastav crevne mikroflore kod prasadi (Canibe i sar., 2001). Niža pH vrednost u želucu i crevima prasadi kontroliše rast patogenih bakterija (Partanen i Mroz, 1999). Ovaj efekat kiselosti u digestivnom traktu povezan je sa disocijacijom kiselih jedinjenja i nastankom katjona i anjona koji prolaze kroz ćelijski zid bakterije i ometaju sintezu bakterijskih proteina (Roth i Kirchgessner, 1998). Sa druge strane, nedisosovane kiseline mogu slobodno da difunduju kroz polupropustljivu membranu mikroorganizama u njihovu ćelijsku citoplazmu. U ćeliji u kojoj se pH održava blizu 7, kiselina će disosovati i potisnuti ćelijske enzime i sisteme za transport hranljivih materija (Lueck, 1980). Smatra se da je ovaj efekat važan u prednjim partijama gastrointestinalnog trakta i da zahteva prisustvo kiselina u lumenu. Takođe, visok nivo proteina u smešama za ishranu prasadi predisponira nastanak povišene pH vrednosti u digestivnom traktu. Novostvoreni uslovi omogućavaju *E. coli* i drugim patogenim bakterijama da kolonizuju tanka creva (Montagne i sar., 2003).

Pored direktnog uticaja na mikrofloru creva, pH je jedan od bitnijih faktora koji utiče na varenje i apsorpciju hranljivih materija. Ovaj efekat deluje sinergistički sa činjenicom da gastrointestinalni trakt nije u potpunosti razvijen kod prasadi nakon procesa odlučanja (Zeng i sar., 2019). Naime, povišen pH smanjuje aktivnost digestivnih enzima, a posledična malapsorpcija vodi ka oslabljenom imunitetu što se uklapa u sindrom povećanog rizika za umnožavanje patogene mikroflore u crevima (Xue i sar., 2018). Opisani procesi su vrlo česta pojava na svinjarskim farmama, a intenzitet pojave i gubici koji se javljaju u odgajalištu (procenjuju se na 8-20%) zavise i od drugih faktora kao što su zoohigijenske mere i prilagođenost smeša za ishranu prasadi određene starosti i telesne mase (Lyberg i sar., 2006).

2.2. ADITIVI U HRANI ZA ŽIVOTINJE

2.2.1. Uloga i značaj mikroelemenata u hrani za životinje

U intenzivnom uzgoju, pored osnovnih hranljivih materija životinjama je neophodno obezbediti mikroelemente u malim količinama sa ciljem postizanja optimalnog zdravlja i ispoljavanja genetskog potencijala. Mikroelementi su mineralne materije koje su u telu životinja zastupljene u tragovima. Do sada je poznato da životinje imaju potrebe za deset mikroelemenata (Fe, Cu, Mn, Zn, J, Se, Co, F, Mo i Cr). Pored toga, utvrđene su potrebe bar kod jedne životinjske vrste za još deset mikroelemenata, koji se nazivaju i „novi“ mikroelementi jer su njihove uloge otkrivene posle 1970. godine (AAFCO, 2020).

Mikroelementi su uključeni u strukturne, fiziološke, katalitičke i regulatorne funkcije u organizmu životinja i njihovo uključivanje u smeše za ishranu životinja je neophodno (Byrne i

Murphy, 2022). Sastojci su većeg broja enzima (metaloenzimi) koji kao biološki katalizatori omogućavaju odvijanje brojnih fizioloških procesa. Na taj način doprinose boljem iskorišćavanju energije, sintezi proteina, postizanju boljih proizvodno-reproduktivnih potencijala i očuvanju zdravlja životinja. Učestvuju u građi ćelija, odnosno tkiva pojedinih organa, ostvarujući značajnu ulogu u razvoju organizma (Adamović i sar., 2002).

Mikroelementi se životinjama obezbeđuju hranivima, ali i posebnim dodavanjem (putem premsmeša) ili kroz vodu (Salzer i sar., 1997). U savremenoj stočarskoj proizvodnji dodavanje mikroelemenata je obavezno, jer samo tako mogu da se obezbede u dovoljnim količinama za optimalno zdravstveno stanje i dobre proizvodne rezultate. U tabeli 2.1. prikazana je primarna funkcija bakra, mangana i cinka, kao izrazito bitnih i neophodnih mikroelemenata koji se dodaju u smeše za ishranu svinja, ali i ostalih domaćih životinja. U intenzivnoj svinjarskoj proizvodnji marginalni deficit nabrojanih mikroelemenata nastaje pod određenim uslovima kao što su loša formulacija smeša ili neadekvatna konzumacija hrane. Na pojavu i ozbiljnost deficita mikroelemenata utiče dužina hranjenja deficitarnom ishranom, prethodni mineralni status i fiziološko stanje (Lewis i Southern, 2000).

Tabela 2.1. Primarne funkcije i simptomi deficita bakra, mangana i cinka

Mikroelement	Uloga	Simptomi deficita
Bakar	Uključen je u metaboličke reakcije kao što su čelijsko disanje, pigmentacija tkiva, formiranje hemoglobina (ceruloplazmin) i razvoj vezivnog tkiva. Predstavlja esencijalnu komponentu nekoliko metaloenzima. Štiti od oksidativnog stresa (Manto, 2014).	Slabost mišića, anemija sa nedostatkom gvožđa, hipopigmentacija, promene kostiju koje liče na skorbut, defektna sinteza vezivnog tkiva, abnormalnosti dlake, poremećena mijelinizacija nervnog tkiva i neurološki defekti, izmenjen metabolizam lipida i srčani poremećaj (EFSA, 2016).
Mangan	Sastavni deo više enzima. Komponenta organskog matriksa kosti neophodna za razvoj hrskavice. Učestvuje u metabolizmu kalcijuma i ugljenih hidrata. Neophodan za iskorišćavanje biotina, vitamina B1 i vitamina. Metabolička povezanost mangana i holina koja utiče na metabolizam masti u jetri (Coomer, 2021).	Poremećaj rasta, abnormalnosti skeleta, poremećaj reproduktivne funkcije, ataksija kod novorođenčadi, poremećeni metabolizam ugljenih hidrata i lipida i poremećena sinteza mukopolisaharida. Specifični problemi za živinu uključuju: perozu, kvalitet tanke ljuske jajeta, hondrodistrofiju, smanjenu nosivost kod koka nosilja (Herny, 1995).
Cink	Aktivira nekoliko enzima. Komponenta mnogih važnih metaloenzima. Uključen u replikaciju ćelija i razvoj hrskavice i kostiju. Uključen je u sintezu proteina, metabolizam ugljenih hidrata i mnoge druge biohemijske reakcije (Hara i sar., 2017).	Usporen rast, smanjena konzumacija hrane, abnormalno formiranje skeleta, alopecija, dermatitis, abnormalni rast vune, dlake, perja i poremećena reproduktivna sposobnost. Abnormalnosti fetusa. Smanjena izleženost jaja. Parakeratoza, dijareja i atrofija timusa (Reese i sar., 1995).

U procesu snabdevanja životinja dovoljnim količinama mikroelemenata pojavljuju se i određeni izazovi. Naime, nisu sasvim precizno definisane potrebe za životinje različitog genetskog potencijala, pola, intenziteta korišćenja i načina gajenja, zbog čega su i preporuke često različite (NRC, 2012; AEC, 1987.).

Drugi, veoma ozbiljan izazov je nedovoljno poznavanje bioiskoristivosti pojedinih mikroelemenata. Bioiskoristivost je termin koji opisuje odnos između svarljivosti, resorpcije i metabolisanja nekog hranljivog sastojka klasičnim biohemijskim i fiziološkim putevima. Ona predstavlja količinu unetog elementa koja može da se resorbuje u crevima i da bude dostupna organizmu za metabolizam ili deponovanje (Šefer i sar., 2004). Otežavajuća okolnost je da bioiskoristivost varira zavisno od oblika, odnosno vrste jedinjenja u kome se mikroelement nalazi. Ostali termini koji se često koriste su „biološka dostupnost“, „bioaktivnost“ i „bioefikasnost“ (Ammerman i sar., 1995). Bioiskoristivost mikroelemenata iz samih biljaka zavisi od stadijuma razvića u kome se biljke nalaze u momentu korišćenja, odnosno konzervisanja. Bez obzira na

rezultate hemijske analize hrane koji ukazuju da je određeni mikroelement prisutan u dovoljnoj količini, često se javljaju subklinički ili klinički znaci nedostatka, jer iskoristivost mikroelementa varira ili se nalazi u neiskoristivoj formi (Lyons, 1994). Prethodno navedeno je posledica prisustva interferirajućih materija (fitinska kiselina i oksalna kiselina), interakcije sa drugim hranljivim materijama u digestivnom traktu ili kompeticije sa drugim elementima koja je povezana za mehanizme resorpcije (Powell i sar, 1999). Resorpcija mikroelemenata ne zavisi samo od sadržaja u hrani, nego i od niza drugih faktora koji su objedinjeni u tabeli 2.2.

Tabela 2.2. Faktori koji utiču na bioiskoristivost kod proizvodnih životinja (Byrne i Murphy, 2022)

Faktor	Sub-faktor
Životinjska vrsta	Starost
	Pol
	Vrsta i rasa
	Zdravstveni status
	Monogastrična životinja ili preživar
	Fiziološki status
	Karakteristike ishrane u prethodnom periodu
	Nivo proizvodnje i vrsta proizvodnje
Hemijski aspekti	Jačina veze
	Izvor minerala - hemijski oblik i čistoća
	Razlike u stopama disocijacije mineralnog oblika od liganda
	Veličina čestica minerala
	Način proizvodnje
	Rastvorljivost
	Stabilnost
Hrana	Hemijski sastav obroka (približna analiza i mineralni sadržaj)
	Sastav hraniva i prisustvo antagonista u obroku
	Nivo suplementacije ispitivanih minerala
	Ukupna svarljivost ishrane
	Prisustvo antimikrobnih promotera rasta ili (organskih) kiselina
	Sadržaj vitamina
Faktori okoline	Stres
	Način hranjenja (suvo ili mokro hranjenje, kvašenje)
	Smeštaj i oprema
	Nivo hranjenja izražen kao nivo energije puta energetske potrebe za održavanje
	Nivo unosa minerala
Nivo i kvalitet snabdevanja vodom	

2.2.2. Izvori i nivoi mikroelemenata u hrani za životinje

Hranljivi dodaci spadaju u osnovnu grupu dodataka hrani za životinje čiji je osnovni cilj da povećaju ukupnu hranljivu vrednost hrane. Ovoj grupu, pored drugih dodataka, pripadaju mikroelementi, vitamini i aminokiseline. Sa aspekta praktične ishrane svinja svakako je najinteresantnije obezbeđivanje mikroelemenata. Godinama su se kao dodaci u smeše za prasid koristili neorganski oblici mikroelemenata u obliku soli i to: oksidi, karbonati, hloridi i sulfati. Biološka dostupnost minerala iz pomenutih izvora varira, pri čemu sulfati obično imaju veće vrednosti relativne biorasploživosti od oksida (Pesti i Bakalli, 1996). Biodostupnost neorganskih formi mikroelemenata je ograničena i potrebne su visoke doze da bi se zadovoljile potrebe životinja, što često dovodi do neravnoteže u hranljivim materijama i potencijalnih problema sa toksičnošću (Thomson i sar., 1991). Istraživanja su pokazala da niska pH vrednost sadržaja gastrointestinalnog trakta smanjuje svarljivost neorganskih soli izazivajući disocijaciju, čineći tako mikroelemente podložnim antagonizmima sa različitim hranljivim materijama i sastojcima koji ometaju apsorpciju (Underwood i Suttle, 1999). S obzirom da se pH povećava u tankom crevu u odnosu na želudac, mikroelementi kao što su bakar, mangan i cink mogu dodatno da formiraju nerastvorljive hidroksidne precipitate, čineći ih nedostupnim za apsorpciju (Powell i sar., 1999). Sa druge strane, da bi se mikroelement resorbovao kroz sluzokožu crevnog zida prethodno mora da se veže za odgovarajući molekul organskog porekla (ligand). Kao rezultat međusobne kompeticije prisutnih hranljivih sastojaka za odgovarajuće ligande, kao i mnogobrojnih oksido-redukujućih procesa koji se odvijaju u lumenu digestivnog trakta, resorpcija mineralnih materija je, po pravilu, često vrlo mala (Flohr i sar., 2016). Usled toga, nerastvorljivi oblici unetih mineralnih materija izlučuju se fecesom. Izbor izvora zasniva se na sadržaju mikroelemenata u čistom stanju, rastvorljivosti u organizmu, dostupnosti i iskoristivosti. Potrebno je da se naglasi da su oksidi, hloridi i karbonati slabo rastvorljivi, a pored toga hloridi su higroskopni, a karbonati brzo oksidišu. Sulfati su postojane soli, lake za prečišćavanje, a sulfatni jon se lako izlučuje iz organizma (Šefer, Sinovec, 2008).

Široke granice doziranja mikroelemenata u formulacijama smeša su vrlo česte, sa ciljem suprotstavljanja antagonistima u hrani ili izazivanja efekata stimulacije rasta (Broom i sar., 2021). Zakonska ograničenja mogu da variraju u zavisnosti od regiona, pri čemu neki pravilnici dozvoljavaju više nivoje suplementacije od drugih (López-Alonso, 2012). U slučaju unošenja velikih količina mikroelemenata hranom, može doći do zasićenja ćelijskih proteina koji vezuju minerale, što uzrokuje povećanje koncentracije slobodnih jonizovanih minerala i oštećenje tkiva. Toksični efekti variraju u zavisnosti od specifičnog mikroelementa koji je suficitaran, ukupne količine tog elementa u hrani, starosti, zdravstvenog statusa životinje i prisustva ili odsustva drugih komponenti

u ishrani. Toksičan efekat određenog mikroelemenata može biti uzrok sekundarnog nedostatka drugog minerala (López-Alonso i Miranda, 2012). Patološka stanja povezana sa toksičnošću bakra, mangana i cinka često su rezultat oštećenja lipida u ćelijskim membranama što dovodi do ćelijskog razlaganja. Zabeleženo je da su svinje izrazito tolerantne na visoke doze cinka i bakra koji se često doziraju u višku u svrhu stimulacije rasta (European Commission, 2003). Mangan ima nizak potencijal za toksičnost zbog svoje slabe crevne apsorpcije i efikasne eliminacije putem žuči (Symonds i Hall, 1983), ali može da stupi u interakciju sa nekoliko drugih hranljivih materija kao što su cink i gvožđe, stvarajući kompeticiju za mesta apsorpcije u crevima (Ho i sar., 1984) ili smanjujući koncentracije gvožđa i cinka u tkivima (Watson i sar., 1972).

Pored toksičnih efekata na životinje, visoke doze i nizak nivo iskoristivosti mikroelemenata ostvaruju negativan efekat na životnu sredinu (Coppenet i sar., 1993). U intenzivnoj svinjarskoj proizvodnji, primer je dodatak velikih količina cinka u cilju smanjenja učestalosti dijareje kod prasadi. Visok sadržaj cinka u smešama dovodi do pojačanog izlučivanja i akumulacije cinka u zemljištu, što doprinosi pojavi fitotoksičnosti zemljišta u poljoprivrednim područjima. Bakar, mangan i cink su vezani za čestice zemljišta i mogu izazvati zagađenje jezera, potoka i priobalnih voda oticanjem i erozijom zemljišta (Kuzmenko i sar., 2021). Poslednjih godina povećana je svest o uticaju izlučenih mikroelemenata na zagađenje životne sredine koji je često uzrokovan povećanim doziranjem i niskom iskoristivošću neorganskih formi minerala (Jarosz i sar., 2017). Pravilnici u ovoj oblasti širom sveta izdaju maksimalno dozvoljene nivoe koncentracije mikroelemenata u hrani za životinje kako bi zaštitile potrošače, životinje i životnu sredinu (European Commission, 2006). Uzimajući u obzir dugoročni uticaj izlučivanja mikroelemenata na životnu sredinu, važno je koristiti niže koncentracije i iskoristivije forme za postizanje adekvatnih proizvodnih rezultata u svinjarstvu. Načini ishrane koje smanjuju izlučivanje mikroelemenata biće u budućnosti korisne za životnu sredinu i održivi razvoj svinjarstva.

Tabela 2.3. Doze bakra, mangana i cinka u hrani za životinje

Mikroelement	Maksimalne doze korišćenja u EU: max. sadržaj elementa u mg/kg-1 potpune smeše sa sadržajem vlage od 12%
Bakar	Telad: 15; Ostala goveda: 30; Ovce: 15; Koze: 35; Prasad: na sisi i odlučena do 4 nedelje nakon odlučanja: 150; od 5. nedelje nakon odlučanja do 8 nedelja nakon odlučanja: 100; Rakovi: 50; Ostale životinje: 25 (Europe Union, 2018)
Mangan	Riba: 100; Ostale vrste: 150 (Europe Union, 2017)
Cink	Psi i mačke: 200, Salmonide i zamene za mleko za telad: 180; Prasad, krmače, zečevi i sve ribe osim salmonida: 150; Ostale vrste i kategorije: 120 (Europe Union, 2016)

Zbog smanjene iskoristivosti, potencijalne toksičnosti i negativnog uticaja na životnu sredinu neorganskih formi mikroelemenata, pažnja naučne javnosti poslednjih godina usmerena je na pronalaženje formi minerala kojima će se neutralisati potencijalni štetni efekti upotrebe i ujedno osigurati bolja iskoristivost i ekonomičnost u stočarskoj proizvodnji. Stvaranje kompleksnog molekula mikroelementa sa organskim komponentama može povećati pasivnu apsorpciju u crevima smanjenjem interakcije između minerala u lumenu creva i na taj način sprečiti stvaranje nerastvorljivih kompleksa sa supstancama kao što su hidroksidi, karbonati, fosfati, oksalati i fitati, što bi bakar, mangan ili cink učinilo nedostupnim za apsorpciju (Radcliffe i sar., 2007). Drugo predloženo objašnjenje je da usložnjavanje molekula minerala sa organskom komponentom može povećati rastvorljivost mikroelemenata u vodi i lipidima što može povećati pasivnu apsorpciju. Kompleksiranje minerala sa organskom komponentom dovodi do povoljnijeg koeficijenta raspodele vode i lipida koji favorizuje apsorpciju u širokom opsegu pH vrednosti (Magee i Dalley, 1986). Na apsorpciju organski vezanih minerala mogu uticati i promene u molekulskoj masi, geometriji, gustini naelektrisanja i veličini formiranog kompleksa, što može uticati na afinitete mikroelemenata za mesta vezivanja. Pored toga, poznato je da razlike u stopama disocijacije minerala iz organske grupe za koju su vezani i razlike u rastvorljivosti kompleksa mineral - helat utiču na apsorpciju (McDowell, 2003). Jačina veze između organskog liganda i mikroelementa pri formiranju kompleksa može sprečiti disocijaciju dok prolazi kroz gastrointestinalni trakt i poboljšati biološku dostupnost minerala (Byrne i sar., 2021).

Kao jedna od predloženih mogućnosti, u literaturu i praktičnu upotrebu uvodi se pojam "helat" ili "helatni kompleks" koji predstavlja kompleksno jedinjenje u kojem je metalni jon vezan za ligand koji poseduje dva ili više donorska atoma, pri čemu ligand obuhvata metalni jon poput „klešta“ formirajući „prstenove“. Ligand je molekul ili jon koji sadrži atom sa slobodnim elektronskim parom kojim se ostvaruje veza sa jonom metala (Ashmead, 1991). Na primer, bilo koja od prirodnih aminokiselina može da bude ligand i formira stabilan petočlani prsten sa metalnim jonom (Sauer i sar., 2017). Hemijski proces kompleksiranja ili helacije u početku je stvarao zabunu u industriji hrane za životinje. Izrazi kao što su „kompleksi“ metala i aminokiselina, „helati“ aminokiselina i metala, „kompleksi“ metala i polisaharida itd., su brojni, ali su njihove zvanične definicije nejasne. Organski vezani mikroelementi su prepoznati kao bioraspoloživi izvor mikroelemenata koji je u većoj meri iskoristiv u poređenju sa njihovim tradicionalnim neorganskim analogima kao što su sulfati i oksidi (To i sar., 2021). Njihove zvanične definicije objavljene su od strane organizacije AAFCO (Udruženje američkih zvaničnika za kontrolu hrane za životinje) i nalaze se u tabeli 2.4. Neorganski oblici mikroelemenata su se godinama koristili pre svega zbog

povoljne cene i dostupnosti, međutim, poslednjih godina se sve više koriste takozvani „helatni” oblici, odnosno organski vezani mikroelementi (Šefer i Sinovec, 2008).

Tabela 2.4. Definicije organski vezanih mikroelemenata (Byrne i Murphy, 2022)

AAFCO	
Metal proteinat	Proizvod koji nastaje helacijom rastvorljive soli sa aminokiselinom i/ili delimično hidrolizovanim proteinom. Mora biti deklarisan kao komponenta hrane, kao specifični metalni proteinat, npr. bakar - proteinat, cink - proteinat itd.
Metal polisaharidni kompleks	Proizvod koji je rezultat kompleksiranja rastvorljive soli sa rastvorom polisaharida. Mora biti deklarisan kao komponenta hrane, kao specifični metalni kompleks. Npr. kompleks polisaharid - bakar, kompleks polisaharid - cink itd.
Metal aminokiselina helat	Proizvod koji je rezultat reakcije jona metala iz rastvorljive soli metala sa aminokiselinom, sa molskim odnosom od 1 mola metala na 1 do 3 (poželjno 2) mola aminokiselina koje su povezane kovalentnim vezama. Prosečna težina hidrolizovanih aminokiselina mora biti otprilike 150 Da i ukupna molekulska težina helata ne sme preći 800 Da. Minimalni sadržaj metala mora biti naznačen. Kada se koristi kao komercijalni sastojak hrane, mora biti deklarisan kao specifičan helat metalnih aminokiselina, npr. bakar - aminokiselina helat, cink aminokiselina helat itd.
Metal aminokiselina kompleks	Proizvod koji nastaje vezivanjem rastvorljive soli metala sa aminokiselinom. Sadržaj metala mora biti deklarisan. Kada se koristi kao sastojak u komercijalnoj hrani, mora se deklarirati kao specifični metal aminokiselina kompleks, na primer, bakar - aminokiselina kompleks, cink - aminokiselina kompleks itd.
Metal specifična aminokiselina kompleks	Proizvod koji nastaje vezivanjem rastvorljive soli metala sa specifičnom aminokiselinom. Minimalni sadržaj metala mora biti istaknut. Kada se koristi kao komercijalni sastojak hrane, mora biti deklarisan kao metal - specifična aminokiselina kompleks. Npr.: bakar - lizin ili cink - metionin.

Helati nastaju reakcijom neorganskih soli sa enzimski pripremljenim mešavinama aminokiselina i malih peptida u kontrolisanim uslovima. Takvi aminokiselinski i peptidni ligandi vezuju metal u nekoliko tačaka, obezbeđujući da atom metala postane deo biološki stabilne prstenaste strukture (Marphy, 2021). Nekoliko različitih vrsta helata je komercijalno dostupno, a razlikuju se na osnovu tipa liganda (aminokiselina, peptid, polisaharid ili organska kiselina) koji se koristi za vezu sa mikroelementom. Funkcionalnost i pH stabilnost razlikuju se između formiranih proizvoda, ali su svi i dalje grupisani zajedno pod širokim terminom “organske forme mikroelemenata” (engl. *organic trace minerals*). Pokazalo se da proizvodi kao što su helati aminokiselina, polisaharidni kompleksi i proteinati imaju različita svojstva vezivanja minerala i različitu pH stabilnost na osnovu odgovarajućih proizvodnih procesa datog molekula (Byrne i sar., 2021).

Važno je napomenuti da nisu sve organske forme mikroelemenata podjednako stabilne u opsegu pH vrednosti koje se susreću u gastrointestinalnom traktu, što znači da helacija sa različitim ligandima neće nužno povećati biorasploživost datog mikroelementa u istoj meri (Cao i sar., 2000). Uslovi kao što je pH vrednost takođe može uticati na rastvorljivost peptidno-mineralnih kompleksa i u literaturi se nalaze podaci da soli gvožđa pokazuju nisku rastvorljivost od 5,9% pri pH vrednosti 6 i 8, dok kompleksi peptid - gvožđe zadržavaju preko 90% rastvorljivosti pod istim uslovima (Caetano Silva i sar., 2018). Ovo je bitan pokazatelj u oblasti apsorpcije mikroelemenata jer je zapaženo da je niska rastvorljivost slobodnog gvožđa na pH vrednosti koja vlada u crevima značajan faktor koji doprinosi njegovoj slaboj dostupnosti (Scheers i Sandberg, 2008). Mikroelementi vezani za amino kiselinu ili peptid su bolje zaštićeni za vreme pasaže kroz želudac do mesta resorpcije nego neorganske soli (Šefer i Sinovec, 2008). Agonistički i antagonistički efekti komponenti hrane su često predmet istraživanja. Mogućnost negativnih interakcija između komponenti unutar premiksa i hrane za životinje je velika i često se zanemaruje. Uočeno je da i među helatima ima razlika u smislu stabilnosti na osnovu pH vrednosti u lokalnom mikrokruženju (Marphy, 2021). Istraživanjima sprovedenim sa ciljem formiranja mineralnih helata visoke biorasploživosti, utvrđene su relativne prednosti i pogodnosti u prilog aminokiselina (Rompala i Halley, 1995; Marphy, 2021).

S obzirom da mikroemelenti vezani za ligand zapravo koriste mehanizam apsorpcije organskog molekula za koji su vezani u crevima, ključno je razumevanje mehanizma apsorpcije aminokiselina u crevima. Transport aminokiselina u citoplazmu odvija se preko funkcionalno i biohemijski različitih transportnih sistema aminokiselina koji su definisani na osnovu njihove selektivnosti prema određenim molekulima, ali i na osnovu fizičko-hemijskih svojstava (Souba i Pacitti, 1992). Svaki transportni sistem aminokiselina prilagođava se uslovima sredine odabirom načina spajanja da bi se postigao afinitet potreban za određene fiziološke uslove. Transporteri aminokiselina su kategorisani u najmanje 17 različitih klasa (Wong i sar., 2012). Smatra se da se neutralne aminokiseline uglavnom transportuju pomoću tri sistema: A, ASC i L (Palacín i sar., 1998). Mineralne materije vezane za aminokiseline praktično su bez električnog naboja, tako da ne reaguju na promene pH vrednosti tokom pasaže kroz digestivni trakt. Elektroneutralnost helata je veoma važna osobina, naročito za resorpciju, imajući u vidu negativno naelektrisanje crevne sluznice. Pozitivno naelektrisani kompleksi se jednostavno zalepe za površinu sluznice umesto da prodru kroz nju, dok se nasuprot tome, negativno naelektrisani kompleksi odbiju od površine creva (Gao i sar., 2014). Prema Stevensu i sar. (1984), transport aminokiselina u crevne enterocite odvija se jednostavnom difuzijom, olakšanom difuzijom (Na^+ -nezavisno) i aktivnim transportom (Na^+ -zavisno). Slobodne aminokiseline koriste ili pasivne ili aktivne transportne sisteme, dok di-

tripeptidi koriste uglavnom aktivne (Frenhani, Burini, 1999). Mikroelement u helatnom obliku vezan za aminokiselinu preuzimaju transporteri aminokiselina u enterocitima, ali efikasnost kojom se to dešava može zavisiti od amino kiseline (glicin, lizin ili metionin). Sauer i sar. (2017) tvrde i da je konkurentna inhibicija slobodnih aminokiselina još jedan faktor koji treba uzeti u obzir, što je svakako jedan od predmeta istraživanja u budućnosti. U stanjima akutnog imunskog odgovora koncentracija mikroelemenata u krvnoj plazmi naglo pada usled redistribucije u ćelije efektore imunskog sistema (makrofagi, leukociti itd.). Za razliku od neorganskih soli, koje samo prolazno povećavaju koncentraciju unetih mikroelemenata, helatni oblici znatno duže održavaju visoku koncentraciju minerala u krvi. Sa druge strane, oštećena tkiva pokazuju različite potrebe kako za mikroelemente, tako i za aminokiseline kojima su helirani minerali. Na taj način moguće je da se utiče na resorpciju određenog minerala izborom adekvatnog helirajućeg molekula. Time se ujedno i objašnjava veća efikasnost helatnih formi mikroelemenata koje u sebi sadrže širi spektar aminokiselina ili peptida (Ashmead, 1991). Pri proizvodnji helata vrlo je važan proces hidrolize proteina upotrebom kiselina ili enzima radi formiranja peptida kratkog lanca i može značajno uticati na sekvencu prisutnih aminokiselina. Proizvodnja 'optimalnog' proteinskog hidrolizata za mineralnu helaciju podrazumeva pažljivo odabiranje uslova hidrolize, obezbeđujući da konačna hidrolizovana mešavina peptida ili aminokiselina različite dužine lanca ili veličine molekula može garantovati postojanost i stabilnost kompleksa sa mineralom u uslovima promene pH vrednosti (Byrne i sar., 2021).

2.2.3. Efekti upotrebe organskih formi mikroelemenata (bakar, mangan, cink) u hrani za prasad

Povećano interesovanje za upotrebu helatnih formi mikroelemenata u smešama za odlučenu prasad posledica je njihove veće potencijalne bioraspoloživosti u poređenju sa mineralima iz neorganskih izvora. Organske forme bakra, mangana i cinka nalaze se u hemijski inertnoj formi zbog povezanosti sa ligandom i kao takve zaštićene su od negativne interakcije sa komponentama hrane. Poslednjih godina, dodaju se u hranu za prasad uglavnom u vidu složenih oblika sa aminokiselinama (AAFCO, 2018). Na ovaj način, koriste mehanizme apsorpcije aminokiselina i veoma efikasno dolaze do ciljnog tkiva (Zhang i sar., 2018). Istraživanja su pokazala da helatni kompleksi bakra, mangana ili cinka sa metioninom imaju veću svarljivost i iskorišćenost kod prasadi u poređenju sa neorganskim oblicima ovih minerala (Jang i sar., 2020; Oh i sar., 2022). Zbog visoke cene koštanja helatnih formi mikroelemenata, kao i iz perspektive životne sredine, veliki broj istraživanja organizovan je sa nižim dozama organskih formi mikroelemenata u odnosu na nivo doziranja neorganskih formi, kao i sa zamenom određenog procentualnog udela količine mikroelemenata bez negativnog uticaja na proizvodne rezultate prasadi (Shanon i sar., 2004; Taylor-

Pickard i sar., 2013; Ma i sar., 2020;). Veum i sar. (1995), objavili su rezultate u kojima je 15% - 36% doze različitih neorganskih mikroelemenata (Fe, Zn, Mn, Cu, Se i I) zamenjeno sa organskim formama ovih minerala (proteinate), što se pozitivno odrazilo na dnevne priraste prasadi. Nakon sličnog dizajna oglada, Burkett i sar. (2009), zaključili su da je osim dnevnih prirasta povećana i konzumacija hrane kod odlučene prasadi. Istraživanje koje je podrazumevalo analizu parametara krvi, antioksidativni status i imunološke indekse kod odlučene prasadi hranjene sa jednom trećinom organskih formi mikroelemenata u odnosu na konvencionalnu dozu neorganskih formi, pokazalo je da ova zamena ne utiče negativno na performanse rasta. Potpuna zamena neorganskih formi mikroelemenata poboljšala je koncentraciju IgG i smanjila fekalnu ekskreciju bakra, mangana, cinka i gvožđa, čime je ublažila zagađenje životne sredine (Zhang i sar., 2021). Bolji proizvodni rezultati svedoče o povećanju svarljivosti hranljivih materija u grupama prasadi hranjenih sa dodatkom organskih formi mikroelemenata, a razlog je stimulatívno dejstvo helata na lučenje digestivnih enzima iz želuca, pankreasa i crevne sluzokože (Hou i Gao, 2001). Takođe, helati ostvaruju i antimikrobna svojstva, što može dovesti do poboljšanja imunološke funkcije creva (Han i sar, 2014).

Istraživanja koja potvrđuju pozitivne efekte na proizvodne rezultate pri korišćenju organskih formi mikroelemenata svedoče o boljoj iskoristivosti mikroelemenata kao što su helatni kompleksi bakra i lizina (Apgar i sar., 1995), kompleksi cinka i aminokiselina (Susaki i sar., 1999), kao i kompleksi bakra i cinka sa proteinatima (Shiavon i sar., 2000) kod odlučene prasadi. Takođe, svinje hranjene helatnim formama mikroelemenata ostvarile su bolje dnevne priraste u fazi odgoja, ali i u fazi tova u odnosu na svinje hranjene sulfatnim formama mikroelemenata (Creech i sar., 2004). Indirektan uticaj na zdravstveni status i proizvodne rezultate prasadi ostvaruje i poboljšanje proizvodnih performansi dojnih krmača hranjenih sa organskim formama mikroelemenata u vidu povećanja mase prasadi na rođenju, smanjenja mortaliteta kod prasadi na sisi, kao i povećanja telesne mase prasadi na odlučanju (Peters i Mahan, 2008). Zahtevi za mikroelementima kod nazimica i krmača su slično ostalim hranljivim materijama, povećane u cilju zadovoljenja kompleksnih potreba za održavanjem života, razvoj kostiju, razvoj fetusa, kao i proizvodnju adekvatne količine mleka. Studije ukazuju na važnost izvora mikroelemenata u hrani za krmače, koji u velikoj meri utiče na performanse krmača i na proizvodne rezultate prasadi u fazi odgoja (Šefer i sar., 2021).

Bakar se do sada u hranu dodavao uglavnom u obliku neorganskih soli radi kompenzacije male količine bakra u koncentrovanim hranivima. Smeše za prasad sa visokim koncentracijama bakra postižu pozitivne efekte u stimulaciji rasta prasadi (Xing i sar., 2014). Dokazana je višestruko veća i brža resorpcija helatnih formi bakra u odnosu na neorganske izvore u ogledima na različitim

vrstama životinja, kao i smanjenje formiranja nerastvorljivih kompleksa duž gastrointestinalnog trakta (Bertechini i sar., 2012; Liu i sar., 2014; Šefer i Sinovec, 2008). Helatna forma bakra može da prodre u ćeliju samo putem aktivnog transporta. Usled toga, manja količina bakra ulazi u ćeliju, pri čemu ispoljavanje toksičnih efekata nije moguće, uz istovremeno zadovoljenje potrebe ćelije u bakru (Zafar i Fatima, 2018). Organski vezan bakar ne interferira sa cinkom, što ukazuje na različite puteve resorpcije organski i neorganski vezanog bakra. Iskoristivost bakra je najmanja iz bakar sulfata, zatim iz bakra vezanog za lizin, a najveća iz bakra vezanog za metionin, iz čega proizilazi da se organske forme resorbuju drugim putevima i mehanizmima u odnosu na neorganske (Lebel i sar., 2014). U pojedinim studijama, umesto sulfata, kao standard korišćen je hloridni izvor bakra u poređenju sa helatnim formama. Rezultati su pokazali bolju retenciju bakra, smanjeno izlučivanje, rast aktivnosti enzima i smanjenu incidencu pojave dijareje kod odlučene prasadi (Lin i sar., 2020).

Literaturni podaci potvrđuju da je deficit mangana veći izazov u ishrani živine nego u ishrani svinja, kao i da se uglavnom dovodi u vezu sa poremećajima reproduktivnog sistema. Iako su oksidi i sulfati forme u kojima se bakar najčešće dodaje u hranu za životinje, kao standard u istraživanjima korišćen je i mangan u obliku karbonata (Kayongo-Male i sar., 1980). Pozitivan efekat korišćenja helatnih formi mangana u istraživanjima prikazan je na različitim parametrima kao što je uticaj na reproduktivne performanse krmača, smanjeno izlučivanje minerala, lezije na papcima i mineralni status (Lisgara i sar., 2016; Liu i sar., 2016; Zhang i sar., 2021; Ma i sar., 2020). Konkretno, utvrđeno je da dodatak mangana vezanog za proteine znatno povećava njegovu koncentraciju u krvi u odnosu na neorganske oblike (Zafar i Fatima, 2018), što se pozitivno odražava na proizvodne rezultate. U poređenju sa sulfatnim i oksidnim oblicima mangana, organski oblici mangana ostvarili su unapređenje proizvodnih pokazatelja za 5% u odnosu na korišćenje mangan sulfata i za 8% u odnosu na upotrebu mangan oksida (Gerbert i Wenk, 1994).

Istraživanja su pokazala da upotreba visokih koncentracija cinka ima efekte na stimulaciju rasta i smanjenje učestalosti pojave dijareje kod odlučениh prasadi. Upotreba visokih nivoa cink oksida u hrani za prasad (2.000 ppm ili više) postala je raširena (tzv. farmakološki nivoi cinka) i smatra se uobičajenom praksom u uzgoju svinja. Pokazao se kao efikasan i relativno jeftin način za prevenciju i kontrolu dijareje nakon odlučенja, kao i za poboljšanje prirasta prasadi, unosa hrane i procesa varenja (Hahn i Baker, 1993). Pri korišćenju neorganskih formi cinka, svarljivost je smanjena u prisustvu visokih doza kalcijuma, fosfora, odnosno fitata, bakra, kadmijuma i hroma (Šefer i Sinovec, 2008). Iako tačan mehanizam delovanja visokih doza cink oksida na dijareju kod odlučениh prasadi još uvek nije u potpunosti razjašnjen, pretpostavlja se da je povezan sa značajnim poboljšanjem morfološke strukture i funkcije creva, kao i varenjem i apsorpcijom hranljivih materija. Nabrojani pozitivni efekti utvrđeni su pri korišćenju manjih doza helatnih formi cinka u

odnosu na oksidnu formu (Nielsen i sar., 2022). Dokazano je da iskoristivost cinka veća ukoliko se dozira u helatnoj formi vezan za metionin u odnosu na cink oksid (Wedekind i sar., 1994). Slično bakru, iskoristivost cinka vezana je za metalotionein koji reguliše stepen resorpcije, ali služi i kao antioksidant za slobodne i hidrosil radikale, pa se zbog toga ne preporučuje potpuna supstitucija neorganskog cinka helatnim oblikom (Šefer i Sinovec, 2008; Zafar i Fatima, 2018).

Zabrinutost zbog akumulacije teških metala u zemljištu uticala je na donošenje uredbe o zabrani upotrebe terapijskih doza cink oksida za kontrolu dijareje kod prasadi nakon odlučanja. U Evropskoj uniji, od jula 2022. godine cink oksid se može koristiti kao dodatak hrani za prasad u maksimalno dozvoljenoj dozi od 150 ppm. Istraživanja u oblasti korišćenja mikroelemenata i njihovog uticaja na zdravlje creva prasadi istakli su važnost preciznog doziranja u cilju minimiziranja uticaja na životnu sredinu (Shannon i Hill, 2019). U tu svrhu, savetuje se upotreba helatnih formi cinka jer ostvaruju pozitivan uticaj na integritet creva i prirast životinja, a dodaju se u manjim dozama, čime se poštuju postulati zaštite životne sredine, smanjujući potrebu za visokim dozama oksidnih oblika.

Prednosti zabrane korišćenja visokih nivoa ZnO su (Broom i sar., 2021, Marković i sar., 2023):

-Manje zagađenje životne sredine (cink se akumulira u zemljištu nakon upotrebe svinjskog stajnjaka bogatog cinkom koji se primenjuje na zemljište kao organsko đubrivo, pa se smatraju zagađivačima životne sredine i zdravstvenim rizikom, a takođe mogu uticati na apsorpciju drugih elemenata u tragovima, kao što je gvožđe);

-Prevenција antimikrobne rezistencije (nedavne studije i izveštaji pokazali su da cink oksid doprinosi povećanju antimikrobne rezistencije, jer visoki nivoi cinka mogu povećati udeo *E. coli* otporne na više vrsta lekova u crevima prasadi);

-Izbegavanje toksičnosti cinka (cink je toksičan za mnoge žive organizme, uključujući i svinje. Istraživanja pokazuju da produžena upotreba farmakoloških nivoa cink oksida može negativno uticati na zdravlje i performanse prasadi, o čemu svedoči značajno smanjenje unosa hrane);

-Prevenција nutritivnih interakcija (visok nivo cink oksida može negativno uticati na aktivnost fitaze, pri čemu se fosfor ne može osloboditi iz fitata usled formiranja kompleksa cinka i fosfora);

-Izbegavanje promena u mikrobnom sastavu u crevima (upotreba farmakoloških doza cink oksida može da izazove promene u mikrobnom sastavu u crevima prasadi zbog supresije rasta korisnih bakterija kao što je *Lactobacillus*, ostvarujući negativan uticaj na razvoj creva i zdravlje prasadi).

Ako uzmemo u obzir ekološki aspekt, helatne forme mikroelemenata imaju potencijal jer deluju pozitivno na proizvodne performanse kod svinja, uz minimalno izlučivanje u spoljnu sredinu. Upotreba helatnih formi mikroelemenata povećava efikasnost proizvodnje svinjskog mesa, što se pozitivno odražava na ekonomski bilans proizvodnje, a posebno helatne forme mikroelemenata vezane za metionin koje u odnosu na druge izvore minerala obezbeđuju modernim hibridima svinja maksimalno ispoljavanje genetskog potencijala (Šefer i sar., 2021).

2.2.4. Uloga i mehanizam dejstva dodatka organskih kiselina u hranu za prasad

Nakon odlučjenja, nedostatak laktoze u kombinaciji sa niskim izlučivanjem hlorovodonične kiseline može da povisi pH vrednost duž gastrointestinalnog trakta kod prasadi, što predstavlja jedan od osnovnih uslova za nastajanje dijereje. Visok pH u digestivnom traktu omogućava patogenima da prežive i da kolonizuju creva (Wang i sar., 2020). Pri fiziološkim uslovima u crevima, korisna mikroflora vezuje se za crevnu sluzokožu i inhibira kolonizaciju patogena mehanizmom konkurentnosti za hranljive materije i mesta vezivanja, proizvodnjom bakteriocina, fermentacijom laktobacila i proizvodnjom kratkolančanih masnih kiselina - engl. *short chain fatty acid* - SCFA (Roselli i sar., 2005). Za inhibiciju rasta patogenih bakterija u crevima u prošlosti korišćeni su antibiotici i njihova efikasnost kao stimulatora rasta u poboljšanju proizvodnih rezultata i smanjenju mortaliteta je dokumentovana (Cromwell, 2002). Međutim, zbog efekata štetnih po javno zdravlje, kao što je pojava rezistencije pojedinih sojeva bakterija i pojava rezidua antibiotika u hrani animalnog porekla, antibiotici su zabranjeni za korišćenje u svrhu stimulacije rasta životinja (Budiño i sar., 2005).

U cilju očuvanja zdravstvenog statusa i unapređenja proizvodnih rezultata životinja, naučna javnost sugerisala je primenu različitih materija u hrani za životinje. Kao jedna od alternativa antibioticima, predložena je upotreba organskih kiselina koje se danas često upotrebljavaju u hrani za životinje širom sveta zbog konzervišućih efekata (Theobald, 2015), efekata na smanjenje pH vrednosti u gastrointestinalnom traktu (Kim i sar., 2005), antimikrobne aktivnosti, kao i pozitivnog uticaja na iskoristivost hranljivih materija i proizvodne rezultate (Nguyen i sar., 2018). Najčešće korišćene organske kiseline su masne kiseline kratkog lanca koje predstavljaju slabe, lipofilne kiseline rastvorljive u vodi.

S obzirom na mehanizam delovanja, organske kiseline mogu da ispoljavaju svoje baktericidno i bakteriostatsko delovanje direktnim i indirektnim putem (Torrallardona i sar., 2007). Indirektnim putem ostvaruju antimikrobno dejstvo snižavanjem pH vrednosti crevnog sadržaja (Stratford i Eklund, 2003), jer je stopa rasta većine crevnih patogena (*E. coli*, *Cl. perfringens*,

Salmonella spp. itd.) redukovana ispod pH vrednosti 4,5, što nije slučaj sa korisnom mikroflorom (*Lactobacillus* spp. i drugi acidotolerantni mikroorganizmi). Direktno antimikrobno delovanje podrazumeva pasiranje ćelijskog zida bakterijske ćelije, gde u baznoj sredini citoplazme disosuju i oslobađaju protone snižavajući pH vrednost unutar mikrobne ćelije. U pokušaju da ispumpa H⁺ jone kroz membranu pomoću H-ATP-aze pumpe, bakterijska ćelija troši ogromne količine energije, što u krajnjoj liniji dovodi do ćelijske smrti (Van Immerseel i sar., 2006; Ahmed i sar., 2014).

Efikasnost antimikrobne aktivnosti organske kiseline zavisi od pH vrednosti sredine u kojoj se nalaze i njihove pK vrednosti koja predstavlja pH vrednost na kojoj je po 50% kiseline u disosovanom i nedisosovanom obliku (Dibner i Buttin, 2002). Vrednost pK je značajna jer organske kiseline samo kao nedisosovane prolaze ćelijski zid bakterije i ispoljavaju svoje bakteriostatske i baktericidne efekte. Kiseline sa višim pK su slabije kiseline, ali je njihov antimikrobni efekat veći, jer su u većoj meri prisutne u nedisosovanom obliku (Theobald, 2015). Kiseline sa nižim pK koje imaju veći udeo disosovanog oblika ostvaruju veći efekat na smanjenje pH želuca i manji je njegov antimikrobni efekat u zadnjim partijama gastrointestinalnog trakta (Khan i Iqbal 2016). Vrednosti pK najznačajnijih organskih kiselina prikazane su u tabeli 2.5.

Tabela 2.5. Organske kiseline i njihove pK vrednosti (Suiryarayna i Ramana, 2015)

Kiselina	Hemijski naziv	Formula	pK vrednost
Vinska	2,3- dihidroksi butandionska kiselina	COOHCH(OH)CH(OH)COOH	2,93
Fumarna	2-butendionska kiselina	COOHCH:CHCOOH	3,02
Limunska	2 - hidroksi-1,2,3- propantrikarboksilna kiselina	COOHCH ₂ C(OH)(COOH)CH ₂ COOH	3,13
Jabučna	Hidroksi butandionska kiselina	COOHCH ₂ CH(OH)COOH	3,40
Mravlja	Mravlja kiselina	HCOOH	3,75
Mlečna	2 -hidroksipropanoična kiselina	CH ₃ CH(OH)COOH	3,83
HMB	2-hidroksi-4-metiltio butanoična kiselina	CH ₃ SCH ₃ CH ₂ CH(OH)COOH	3,86
Benzoeva	Benzen karboksilna kiselina	C ₆ H ₅ COOH	4,20
Sirćetna	Sirćetna kiselina	CH ₃ COOH	4,76
Sorbična	2,4-Heksandionska kiselina	CH ₃ CH:CHCH:CHCOOH	4,76
Buterna	Buterna kiselina	CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH	4,82
Propionska	2- Propionska kiselina	CH ₃ CH ₂ COOH	4,88

Pored antimikrobnog dejstva, organske kiseline snižavanjem pH vrednosti himusa povećavaju svarljivost hranljivih materija. Ova tvrdnja se u najvećoj meri odnosi na svarljivost proteina (Adil i sar., 2010). Organske kiseline povećavaju aktivnost pepsina i mikrobne fitaze (Afsharmanesh i Pourreza, 2005), ali i pojačavaju nivo sekrecije enzima pankreasa tj. tripsinogena, himotripsinogena A, himotripsinogena B, prokarboksi peptidaze A i prokarboksipeptidaze B (Lei i

sar., 2017). Smanjenje pH vrednosti hrane može poboljšati korišćenje mineralnih materija tako što ostvaruje pozitivan uticaj na oslobađanje minerala vezanih za molekule fitata, povećavajući iskoristivost kalcijuma i fosfora (Boling i sar., 2000). Prema Van Der Sluis (2002), dodatak organskih kiselina u smeše utiče na usporavanje pasaže hrane kroz gastrointestinalni trakt, što dovodi do bolje apsorpcije hranljivih materija.

Literaturni podaci navode da efikasnost organskih kiselina može biti ograničena zbog brzog metabolizma i apsorpcije u duodenumu, što može uticati na sposobnost modulacije crevne flore usled smanjenja količine ovih jedinjenja u zadnjim partijama creva (Upadhaya i sar., 2014). Povećano vreme zadržavanja hranljivih materija i aktivnih jedinjenja tehnologijom mikrokapsuliranja, odnosno protektiranja, kao jednom od metoda zaštite koristi se u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji već nekoliko decenija (Rosinski i sar., 2002). Tehnologija protektiranja prvi put je komercijalno primenjena davne 1954. Shahidi i Han (1993) naveli su razloge sprovođenja tehnološkog postupka protektiranja aktivnih jedinjenja:

- Smanjenje reaktivnosti supstrata sa spoljašnjim okruženjem kao što su svetlost, kiseonik i voda;
- Sprečavanje stvaranja grudvica, promovišući lako umešavanje materijala;
- Kontrolisanje oslobađanja materijala u cilju stvaranja depoa preparata u realnom vremenu ili konkretno gastrointestinalnom traktu duž svih segmenata creva;
- Prikriivanje ukusa materijala;
- Razblaživanje materijala kada se koristi u malim količinama u cilju postizanja ujednačene distribucije.

Protektiranje organskih kiselina danas se uglavnom vrši lipidima i to tzv. oblaganjem supstrata. Naime, zaštitni lipidni matriks omogućava da organske kiseline ostvaruju efekat celom dužinom gastrointestinalnog trakta (Fernández-Rubio i sar., 2009). Literaturni podaci sugerišu da korišćenje protektiranih organskih kiselina u ishrani prasadi ostvaruje pozitivne efekte na proizvodne rezultate (Lei i sar., 2017), svarljivost hranljivih materija (Hossain i sar., 2018), kao i sastav mikroflore u crevima svinja (Upadhaya i sar., 2014).

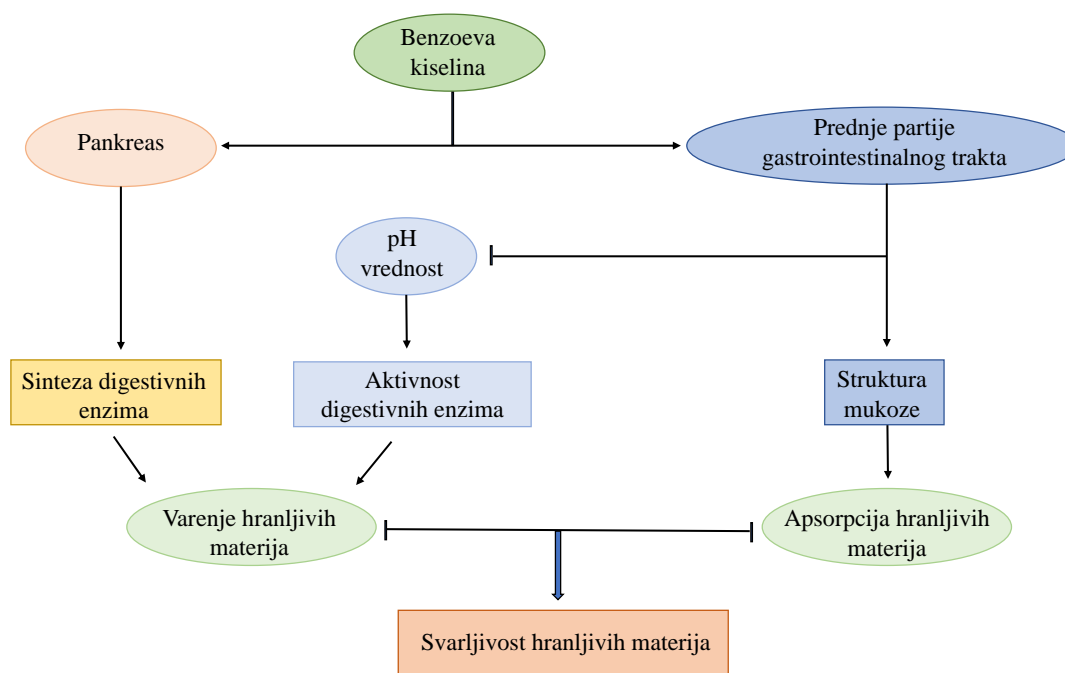
2.2.5. Upotreba benzoeve kiseline u ishrani prasadi

Creva su sekretorni organ koji, zbog sposobnosti varenja i apsorpcije hrane, ima veoma važnu funkciju u rastu i razvoju organizma, ali i postizanju dobrih proizvodnih rezultata kod prasadi (Turner, 2009). Kod mladih kategorija svinja, lučenje želudačne kiseline nije na zadovoljavajućem nivou dovoljnom za varenje hranljivih materija (posebno proteina). Upotreba organskih kiselina u

hrani, tzv. “zakiseljivača”, smanjuje pH vrednost u gastrointestinalnog traktu olakšavajući varenje (Diao, 2013). Pored efekta povećanja svarljivosti hranljivih materija, prisutan je i efekat inhibicije crevnih patogenih mikroorganizama u ishrani i digestivnom traktu (Qin i sar., 2007).

Kao vrsta organskog “zakiseljivača”, benzoeva kiselina (C_6H_5COOH) je bezbojna kristalna supstanca i predstavlja aromatičnu karboksilnu kiselinu najjednostavnije građe (Sim i sar., 1955), a može se detektovati u želucu i tankom crevu prasadi jer se ne metaboliše tako brzo kao druge organske kiseline (Zhai i sar., 2020). Uglavnom se transportuje i apsorbuje u tankom crevu preko transportera monokarboksilnih kiselina 1. Stopa apsorpcije benzoeve kiseline za jejunum je veća nego za duodenum i ileum, što je u skladu sa distribucijom pomenutog transportera monokarboksilnih kiselina (Cong i sar., 2001). Nakon oralne primene kod životinja, benzoeva kiselina ostvaruje svoje efekte, zatim se u potpunosti metaboliše u hipuričnu kiselinu, a iz organizma se izlučuje putem urina (Bridges i sar., 1970).

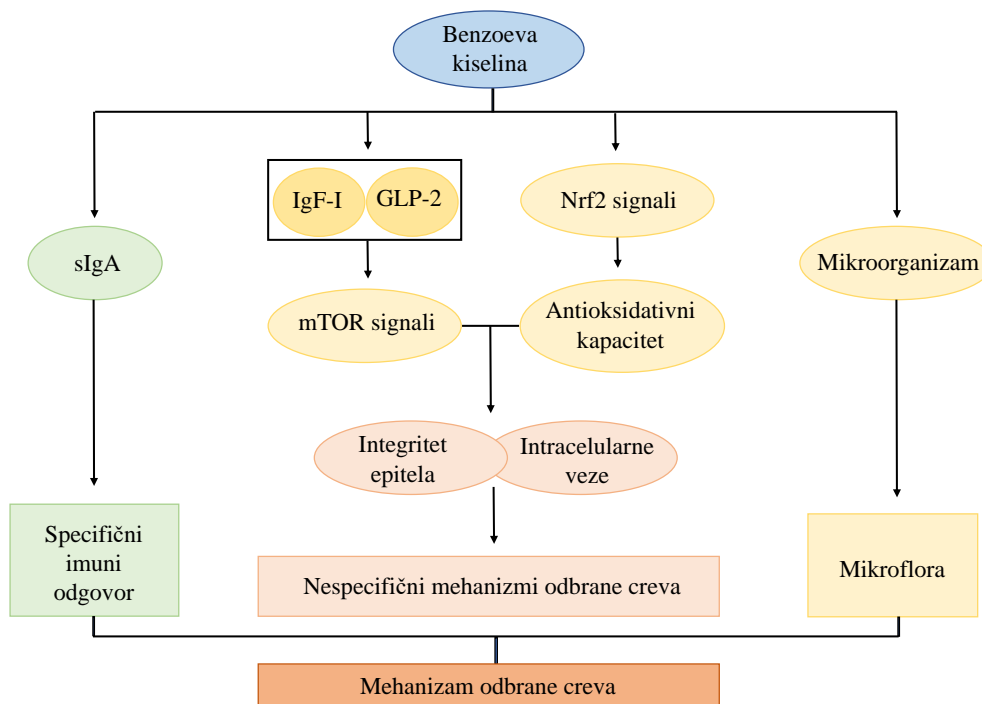
Benzoeva kiselina kao dodatak u smešama za ishranu životinja inhibira patogene mikroorganizme, što ga čini konzervansom u industriji hrane za životinje (Del Olmo i sar., 2015). Sa visokom pK vrednošću predstavlja slabiju kiselinu, ali ostvaruje veći antimikrobni efekat jer se u digestivnom traktu u većoj meri nalazi u nedisosovanom obliku (Šefer i sar., 2014). Nakon primene benzoeve kiseline u hrani, pozitivni efekti su najzapaženiji kod svinja zbog poboljšanih proizvodnih rezultata i smanjenja incidence dijareje izazvane prisustvom povećanog broja *E. coli* (Kluge i sar., 2006; Torrallardona i sar., 2007; Guggenbuhl i sar., 2007; Gao i sar., 2014; Diao i sar., 2015). Takođe, prikazni su blagotvorni efekti upotrebe ove organske kiseline i u otpornosti na invaziju drugih patogenih mikroorganizama u crevima prasadi (Zhai i sar., 2020). Benzoeva kiselina pokazuje najjače antimikrobno dejstvo kod odlučene prasadi u poređenju sa drugim organskim kiselinama (Walsh i sar., 2007), a njeno pozitivno dejstvo na proizvodne rezultate i konverziju hrane dokazano je i kod tovne kategorije svinja (Zhai i sar., 2017). Prema pojedinim studijama, nivoi ekspresije faktora koji stimulišu rast bili su povećani kod prasadi hranjenih benzoevom kiselinom, a pretpostavlja se da je faktor rasta sličan insulinu-1 (IGF-1) važan medijator proliferacije i diferencijacije crevnih ćelija (Xiao i sar., 2009). Pozitivni efekti na proizvodne rezultate nakon upotrebe benzoeve kiseline povezani su sa smanjenjem pH vrednosti crevnog sadržaja u ileumu, cekumu i kolonu prasadi (Diao i sar., 2014), inhibicijom štetnih bakterija u crevima (Halas i sar., 2010), kao i poboljšanjem morfološkog integriteta creva i aktivnosti endogenih enzima (Diao i sar., 2016). Celokupni mehanizam dejstva benzoeve kiseline u povećanju svarljivosti hranljivih materija prikazan je pomoću sheme 2.2.



Shema 2.2. Uticaj benzoeve kiseline na svarljivost hranljivih materija u crevima (Mao i sar., 2019)

Dodatak protektirane forme benzoeve kiseline u smeše ima važnu ulogu u regulaciji sastava crevnih bakterija stimulisanjem rasta korisnih bakterija - *Lactobacillus* i smanjenjem rasta potencijalno patogenih bakterija - *E. coli*, *Cl. perfringens* (Ahmed i sar., 2014). Shodno tome, korisne bakterije potiskuju kolonizaciju *E. coli* blokiranjem adhezivnih mesta i proizvodnjom kiselih metabolita, što je jedan od mehanizama pomoću kojih benzoeva kiselina reguliše crevnu mikrofloru (Torrallardona i sar., 2007). Pored dokazanih efekata u prednjim segmentima creva, poboljšanje sastava mikroflora prikazano je i u distalnim delovima gastrointestinalnog trakta (Guggenbuhl i sar., 2007). Kapacitet apsorpcije uglavnom zavisi od karakteristika apsorpcionih regiona crevne sluzokože. Dakle, povećanje površine sluzokože korisno je za prenos supstanci iz lumena creva u vaskularni sistem (DeSesso i Jacobson, 2001). Resorptivna površina uglavnom je povezana sa strukturom sluzokože creva (visina i širina crevnih resica, dubina kriпти). Benzoeva kiselina kao dodatak ishrani odlučene prasadi može povećati visinu crevnih resica ileuma (Halas i sar., 2011). Pored crevnih resica ileuma, identični efekti dokazani su i u duodenumu i jejunumu, uz istovremeno smanjenje dubine crevnih kriпти, što pokazuje pozitivne efekte benzoeve kiseline na poboljšanje apsorpcionog kapaciteta creva. U saglasnosti sa prethodno navedenim tvrdnjama su i rezultati stimulacije ekspresije transmembranskih proteina zone okcludens i okcludina u sluzokoži jejunuma (Chen, 2015). Barijerna uloga creva koja direktno zavisi od integriteta crevne sluzokože i epitela, takođe je parametar koji zavisi od upotrebe benzoeve kiseline i procenjuje se morfološkom analizom (Mao i sar., 2011). Mehanizam dejstva benzoeve kiseline u očuvanju funkcije crevne barijere prikazan je pomoću sheme 2.3. Takođe, korišćenjem pomenutog dodatka moguće je

povećati relativnu masu tankog creva (odnos mase creva i dužine creva), poboljšavajući morfološke karakteristike prednjeg dela gastrointestinalnog trakta (Halas i sar., 2011; Gao, 2013; Diao i sar., 2014; Chen, 2015). Upotrebom benzoeve kiseline menja se i enzimaska aktivnost, što značajno utiče na apsorptivni kapacitet creva. Konkretno, koncentracije tripsina i lipaze u pankreasu povećane su za 74,02% i 67,05% kod prasadi hranjene sa dodatkom benzoeve kiseline (Gao., 2013). Razlog aktivacije digestivnih enzima je u smanjenju pH vrednosti u prednjim partijama gastrointestinalnog trakta (Diao i sar., 2014).



Shema 2.3. Uticaj benzoeve kiseline na funkciju crevne barijere (Mao i sar., 2019)

U istraživanjima objavljenim od strane Kluge i sar.(2006), i Gao i sar. (2014), koji su koristili dozu od 5000 mg/kg benzoeve kiseline u *in vivo* i *in vitro* eksperimentima, navedeno je da visoka koncentracija benzoeve kiseline može smanjiti pH vrednost u ileumu i cekumu, ali i da može smanjiti rast *Lactobacillus* spp. kod prasadi, što otvara pitanja i ostavlja prostor za dalja istraživanja na ovu temu. Istraživanja na prasadima su pokazala da predoziranje benzoevom kiselinom putem hrane dovodi do disfunkcije i oštećenja jetre, slezine i pluća i može da naruši morfologiju sluzokože duodenuma, jejunuma i ileuma (Shu i sar., 2016). I dalje se ispituje efekat protektirane forme benzoeve kiseline zbog nastojanja da se dokaže efekat njenog delovanja u svim segmentima tankih creva, sa težnjom definisanja optimalne doze koja će da ispolji pozitivne efekte na zdravstveno stanje i proizvodne rezultate prasadi.

3. CILJ I ZADACI ISPITIVANJA

Cilj istraživanja u okviru ove doktorske disertacije je ispitivanje opravdanosti i efekata upotrebe protektirane benzoeeve kiseline i helatnih formi mikroelemenata (Cu, Mn, Zn) u ishrani na zdravstveni status i proizvodne performanse prasadi u odgoju. Takođe, tokom izrade ove doktorske disertacije ispitane su histomorfološke karakteristike pojedinih segmenata digestivnog trakta prasadi, pH vrednost u digestivnom traktu, mikrobiota pojedinih segmenata creva prasadi, hematološki, biohemijski i parametri imuniteta u krvi, kao i „Fecal” skor prasadi. Na kraju, cilj ove doktorske disertacije je da se ispita korelaciona zavisnost između telesne mase prasadi na kraju perioda odgoja i histomorfometrijskih parametara pojedinih segmenata creva, kao i ekonomska isplativost korišćenja protektirane benzoeeve kiseline i helatnih formi mikroelemenata (Cu, Mn, Zn) u ishrani prasadi.

Za ostvarenje cilja istraživanja tokom odgoja prasadi, definisani su sledeći zadaci:

- 1) da se utvrdi hemijski sastav potpunih smeša za odgoj prasadi: starter faza (1-21. dan boravka u odgoju) i grover faza (21-42. dana boravka u odgoju) bez dodatka i sa dodatkom protektirane benzoeeve kiseline i helatnih formi mikroelemenata (Cu, Mn, Zn);
- 2) da se utvrde efekti korišćenja protektirane benzoeeve kiseline i helatnih formi mikroelemenata (Cu, Mn, Zn) na:
 - a) zdravstveno stanje prasadi (praćenje morbiditeta i mortaliteta, „Fecal“ skor);
 - b) proizvodne performanse (telesna masa prasadi, ukupni i dnevni prirast, ukupna i dnevna konzumacija hrane, odnos prirasta i konzumacije hrane izražen kao parametar utrošene količine hrane potrebne za jedinicu prirasta - konverzija);
 - c) histomorfološke karakteristike pojedinih segmenata digestivnog trakta prasadi (duodenum, jejunum, ileum i cekum);
 - d) pH vrednost u želucu, duodenumu, jejunumu, ileumu, cekumu, kolonu i rektumu prasadi;
 - e) ukupan broj bakterija, broj anaerobnih bakterija, broj bakterija *Lactobacillus* spp., *Enterococcus* spp., *E. coli* i *Cl. perfringens* u crevnom sadržaju duodenuma, jejunuma, ileuma i cekuma prasadi;
 - f) hematološke i biohemijske parametre u krvi prasadi
 - g) „Fecal“ skor prasadi u odgoju

- 3) da se ispita korelaciona zavisnost između telesne mase prasadi na kraju perioda odgoja i histomorfometrijskih parametara pojedinih segmenata creva (duodenum, jejunum, ileum i cekum)
- 4) da se ispita ekonomska isplativost korišćenja protektirane benzoeve kiseline i helatnih formi mikroelemenata (Cu, Mn, Zn) u ishrani prasadi.

Da bi se dobili naučno validni rezultati, primenjivi u praksi, organizovan je ogled ishrane prasadi po grupno-kontrolnom sistemu u zavisnosti od dodatka koji je primenjen u obroku za prasad. Pri tome su praćeni i obrađeni sledeći parametri:

3.1. Zdravstveno stanje i mortalitet

3.2. Proizvodni rezultati

- a. Telesna masa
- b. Prirast (dnevni i ukupni)
- c. Konzumacija hrane (dnevna i ukupna)
- d. Konverzija hrane

3.3. Histomorfološka ispitivanja (duodenum, jejunum, ileum i cekum)

- a. Dužina creva
- b. Masa creva
- c. Dužina i širina crevnih resica
- d. Dubina crevnih kripti
- e. Odnos visine i širine crevnih resica
- f. Broj peharastih ćelija

3.4. Masa organa

- a. Jetra
- b. Slezina
- c. Želudac

3.5. Elektrohemijska reakcija

- a. Želudac
- b. Duodenum
- c. Jejunum
- d. Ileum
- e. Cekum
- f. Kolon
- g. Rektum

3.6. Mikrobiološka ispitivanja (duodenum, jejunum, ileum i cekum)

- a. Ukupan broj aerobnih bakterija
- b. *E. coli*
- c. *Enterococcus* spp.
- d. Ukupan broj anaerobnih bakterija
- e. *C. perfringens*
- f. *Lactobacillus* spp.

3.7. Hematološki i biohemijski parametri u uzorcima krvi prasadi

- a. Kompletna krvna slika
- b. Kompletan biohemijski profil

3.8. “Fecal” skor

3.9. Korelaciona zavisnost između telesne mase prasadi i morfometrijskih parametara pojedinih segmenata creva

3.10. Ekonomska isplativost proizvodnje

Svi dobijeni rezultati i podaci obrađeni su i statistički analizirani u cilju izvođenja relevantnih zaključaka, a prikazani su u vidu tabela i grafikona.

4. MATERIJAL I METODE

Ispitivanje uticaja protektirane benzoeeve kiseline i helatnih formi bakra, mangana i cinka na zdravstveni status i proizvodne performanse prasadi izvršeno je ogledom ishrane. Prilikom postavljanja plana ogleda i izbora materijala i metoda, uzeti su u obzir cilj i zadaci rada, kao i poznati podaci iz literature o upotrebi helatnih formi mikroelemenata i protektirane benzoeeve kiseline u ishrani prasadi.

4.1. Izbor materijala

U cilju ispitivanja uticaja protektirane benzoeeve kiseline i helatnih formi bakra, mangana i cinka na zdravstveni status, histološke karakteristike pojedinih segmenata digestivnog trakta prasadi, pH vrednost u digestivnom traktu, mikrobiotu pojedinih segmenata creva prasadi, hematološke, biohemijske i parametre imuniteta u krvi i "Fecal" skor prasadi organizovan je ogled po grupno-kontrolnom sistemu na farmi rasplodnih krmača u Pelagićevu, Republika Srpska u trajanju od 42 dana. U ogled je bilo uključeno 96 tek odlučениh prasadi starih 28 ± 1 dana ujednačene telesne mase i istog genetskog porekla (landras x jorkšir).

4.2. Držanje i hranjenje prasadi

Tokom ogleda primenjena je tehnologija držanja i ishrane prasadi prilagođena komercijalnim uslovima u redovnoj proizvodnji uz minimalne modifikacije koje je zahtevalo izvođenje ogleda. Pre početka ogleda, za vreme dojnog perioda, prasad su podvrgnuta uobičajenim preventivnim merama koje se sprovode na farmi (aplikacija gvožđe-dekstrana, vakcinacija, tretman antiparazitikom), a muška prasad kastrirana su trećeg dana po rođenju. Priprema i dezinfekcija objekta izvršena je pre početka ogleda po standardnoj proceduri pripreme farme pre useljavanja životinja. Zoohigijenski i mikroklimatski uslovi u potpunosti su odgovarali tehnološkim normativima prema preporuci proizvođača genetičke kuće, kao i uzrastu prasadi. Za smeštaj prasadi korišćeni su boksovi izrađeni od nerđajućeg čelika dimenzija 1,5 x 0,6 x 2,0 m sa rešetkastim plastičnim podom perforiranim po celoj površini. U oglednoj sobi u odgajalištu temperatura je bila 26 °C tokom prve nedelje eksperimenta, a zatim se postepeno smanjivala do 22 °C. Relativna vlažnost vazduha održavana je na 60-70%. Svetlost je bila prilagođena na nivo od 80 luksa, a najmanje osam sati dnevno prasad su imala pristup dnevnom svetlu tokom celog trajanja eksperimenta. Hrana i voda bili su obezbeđeni *ad libitum*.

4.3. Formiranje ogleda

Na početku ogleda izvršen je pojedinačni klinički pregled odlučениh prasadi, tako da su sve odabrane jединke bile zdrave, vitalne i u dobroj kondiciji. Prilikom formiranja oglednih grupa sva prasad bila su ujednačena po poreklu, polu i telesnoj masi ($\pm 10\%$). Tokom ogleda svakodnevno je praćeno zdravstveno stanje oglednih jediniki.

Ogled je sproveden na 96 odlučениh prasadi istog porekla, sa jednakim odnosom polova. Prasad starosti 28 ± 1 dan nasumićno su raspoređena u četiri ogledne grupe (K, O-I, O-II, O-III). Svaka ogledna grupa sastojala se iz šest podgrupa (dve muške i dve ženske jединke po podgrupi). Eksperiment je trajao 42 dana i bio je podeljen u dve faze. Prva faza je trajala od 1. do 21. dana, a druga faza od 21. do 42. dana. Tokom ogleda vršen je monitoring zdravstvenog statusa, „Fecal“ skora i proizvodnih rezultata prasadi. Na kraju ogleda 42. dana nakon uobićajene procedure klanja prasadi, uzeti su uzorci pojedinih segmenata creva za predvićena ispitivanja.

4.4. Ishrana prasadi

Od početka (28 dana stara prasad) do kraja (70 dana stara prasad) eksperimenta, ogledne grupe životinja hranjene su potpunim smešama standardnog hemijskog i sirovinskog sastava, a smeše su formulisane tako da zadovolje preporučene potrebe za hranljivim sastojcima prema NRC (National Research Council: Nutrient Requirements of Swine. 11th Edition, National Academies Press 2012, Washington DC), kao i prema Pravilniku o kvalitetu hrane za životinje Republike Srbije (2010). Primenjeni program ishrane obuhvatao je dve faze odgoja prasadi. Prva faza trajala je od 1. do 21. dana tokom koje su prasad konzumirala potpunu smešu za odgoj prasadi starter u brašnastoj formi, a druga faza trajala je od 21. do 42. dana tokom koje su prasad konzumirala potpunu smešu za odgoj prasadi grover, takođe u brašnastoj formi. Osnovni zadatak u eksperimentu bio je da se utvrdi uticaj ishrane prasadi sa dodatkom protektirane benzoeve kiseline i helatnih formi bakra, mangana i cinka na zdravstveno stanje i proizvodne rezultate prasadi, pa su prema oglednim grupama izvršene minimalne korekcije sastava predmeša da bi se postigao postavljeni cilj.

U tabeli 4.1 prikazan je sirovinski sastav i nutritivna vrednost vitaminsko-mineralne predmeše, dok je u tabeli 4.2 prikazan sirovinski sastav i nutritivna vrednost potpunih smeša za ishranu kontrolne i oglednih grupa prasadi u ogledu. Potpuna smeša za ishranu kontrolne grupe prasadi (K) sadržala je mikroelemente neorganskog porekla (sa poznatim izvorima i sulfatnim oblikom Cu, Mn i Zn) bez dodatka. U potpunoj smeši za ishranu prve ogledne grupe prasadi (O-I) mikroelementi Cu, Mn i Zn neorganskog porekla zamenjeni su mikroelementima Cu, Mn i Zn organskog porekla, u helatnom obliku vezani za metionin. Potpuna smeša za ishranu druge ogledne grupe (O-II) bila je identićna kao smeša za ishranu kontrolne grupe prasadi, sa dodatkom

protektirane benzojeve kiseline u količini od 2,5 kg/t. U potpunoj smeši za ishranu treće ogledne grupe prasadi (O-III) mikroelementi Cu, Mn i Zn neorganskog porekla zamenjeni su mikroelementima Cu, Mn i Zn organskog porekla, u helatnom obliku vezani za metionin, sa dodatkom protektirane benzojeve kiseline u količini od 2,5 kg/t (kombinacija ispitivanih dodataka). U tabeli 4.3 prikazana je količina dodataka u smešama za ishranu oglednih grupa prasadi.

Tabela 4.1. Sirovinski sastav i nutritivna vrednost vitaminsko-mineralne predsmеше (sadržaj/kg predsmеше)

Sastav	Starter faza (1-21 dana)	Grover faza (21-42 dana)
Vitamin A	200 000 I.J.	500 000 I.J.
Vitamin D3	20 000 I.J.	45 000 I.J.
Vitamin E	800 mg	3 000 mg
Vitamin K3	24 mg	70 mg
Vitamin B1	24 mg	100 mg
Vitamin B2	60 mg	220 mg
Vitamin B6	60 mg	170 mg
Vitamin B12	4 mg	1 mg
Biotin	3 mg	7 mg
Niacin	320 mg	700 mg
Ca-pantotenat	140 mg	400 mg
Folna kiselina	50 mg	20 mg
Jod	30 mg	20 mg
Selen	4 mg	10 mg
Kobalt	6 mg	15 mg
Holin hlorid	5 500 mg	12 500 mg
Gvožđe	2 400 mg	5 000 mg
Bakar	1 300 mg	2 000 mg
Mangan	1 200 mg	3 000 mg
Cink	1 000 mg	2 500 mg
Fitaza	10 000 mg	25 000 mg
Antioksidant BHT	1 000 mg	1 000 mg

Tabela 4.2. Sirovinski sastav i nutritivne vrednosti potpunih smeša za ishranu prasadi

Sastav		Starter faza (1-21 dana)	Grover faza (21-42 dana)
Kukuruz	%	45	57
Ječam	%	10	10
Sojina sačma	%	12	15
Sojin griz	%	23	14
Vit-min premix ^{a,b}	%	10	4
Nutritivna vrednost			
Metabolička energija	MJ/kg	13,74	13,78
Sirovi proteini	%	20,07	18,15
Lizin	%	1,39	1,26
Metionin+cistin	%	0,77	0,68
Treonin	%	0,81	0,75
Triptofan	%	0,23	0,22
Kalcijum	%	0,93	0,76
Fosfor	%	0,66	0,62
Natrijum	%	0,17	0,12

Tabela 4.3. Doziranje ispitivanih dodataka u smešama za ishranu prasadi

Oznaka grupe	Grupa	Protektirana benzoeva kiselina	Helatne forme mikroelemenata
Starter faza (1-21 dana)			
K	Kontrolna grupa*	-	-
O-I	Helatne forme mikroelemenata	-	130 ppm Cu, 60 ppm Mn i 60 ppm Zn
O-II	Protektirana benzoeva kiselina	2,5 kg/t	-
O-III	Helatne forme mikroelemenata + Protektirana benzoeva kiselina	2,5 kg/t	130 ppm Cu, 60 ppm Mn i 60 ppm Zn
Grover faza (21-42 dana)			
K	Kontrolna grupa*	-	-
O-I	Helatne forme mikroelemenata	-	80 ppm Cu, 60 ppm Mn i 60 ppm Zn
O-II	Protektirana benzoeva kiselina	2,5 kg/t	-
O-III	Helatne forme mikroelemenata + Protektirana benzoeva kiselina	2,5 kg/t	80 ppm Cu, 60 ppm Mn i 60 ppm Zn

*Količina mikroelemenata u smešama za ishranu kontrolne grupe prasadi u starter fazi: 130 ppm Cu u formi CuSO₄, 120 ppm Mn u formi MnSO₄ i 100 ppm Zn u formi ZnSO₄; Količina mikroelemenata u smešama za ishranu kontrolne grupe prasadi u grover fazi: 80 ppm Cu u formi CuSO₄, 120 ppm Mn u formi MnSO₄ i 100 ppm Zn u formi ZnSO₄;

4.5. Metode hemijske analize smeša

Uzorci hrane za predviđena laboratorijska ispitivanja uzimani su na početku svake faze ogleada, odnosno 1. i 21. dana. Uzorkovanje hrane izvršeno je prema Pravilniku o metodama uzimanja uzoraka i metodama fizičkih, hemijskih i mikrobioloških analiza stočne hrane (15/1987). Analiziran je hemijski sastav hrane koja je korišćena za ishranu prasadi. Za potrebe ispitivanja korišćene su sledeće standardne metode :

- Hrana za životinje - Određivanje sadržaja azota i izračunavanje sadržaja sirovih proteina – SRPS EN ISO 5983-2/2010

Princip metode: zagrevanjem uzorka sa koncentrovanom sumpornom kiselinom organske materije se razlažu, a azot, koji se pri tome oslobađa u obliku amonijaka, gradi sa sumpornom kiselinom amonijum-sulfat. Dejstvom baze na stvoreni amonijum-sulfat oslobađa se amonijak koji se titruje kiselinom poznatog molariteta. Na osnovu određene količine amonijaka preračunava se količina azota u ispitivanom uzorku (User Manuel™ Digestor, 1001 3846/Rev.4, Foss, Sweden; Manuel book – Kjeltec Auto 1030 Analyzer, Tecator, Sweden;).

- Hrana za životinje - Određivanje sadržaja vlage i drugih isparljivih materija - SRPS ISO 6496/2001

Princip metode: merenje gubitka mase dela uzorka za ispitivanje koji nastaje sušenjem na 103 ± 2 °C.

- Hrana za životinje - Određivanje sadržaja masti - SRPS ISO 6492/2001

Princip metode: hidroliza dela uzorka za ispitivanje sa hlorovodoničnom kiselinom uz zagrevanje. Nakon hlađenja i filtriranja rastvora, ostatak se ispere i osuši, a zatim se mast iz ostatka ekstrahuje petroletrom korišćenjem aparature po Soxhlet-u. Rastvarač se ukloni destilacijom i sušenjem, a ostatak se izmeri.

- Hrana za životinje - Određivanje sadržaja sirovog pepela - SRPS ISO 5984/2023

Princip metode: razgradnja organske materije iz dela uzorka za ispitivanje žarenjem na 550 °C i merenje količine dobijenog pepela.

- Hrana za životinje - Određivanje sadržaja kalcijuma - volumetrijska metoda - SRPS ISO 6490-1/2001

Princip metode: sagorevanje dela uzorka za analizu, tretiranje pepela hlorovodoničnom kiselinom i taloženje kalcijuma u obliku kalcijum-oksalata. Talog se rastvori u sumpornoj kiselini, a oslobođena oksalna kiselina se titruje standardnim rastvorom kalijum-permanganata.

- Hrana za životinje - Određivanje sadržaja fosfora - spektrometrijska metoda - SRPS ISO 6491/2002

Princip metode: spaljivanje dela uzorka za ispitivanje kalcijum karbonatom na 550°C i zagrevanje sa kiselinom. Alikvotni deo kiselog rastvora pomeša se sa molibdovanadat reagensom i meri se apsorbancija dobijenog žutog rastvora na talasnoj dužini od 430 nm.

- Hrana za životinje -Određivanje sadržaja sirove celuloze - metoda sa međufiltracijom - SRPS EN ISO 6865/2008

Princip metode: deo uzorka za ispitivanje tretira se ključalom razblaženom sumpornom kiselinom. Ostatak se odvaja filtracijom, ispira i tretira ključalim rastvorom kalijum-hidroksida. Nakon odvajanja ostatka filtracijom, ispiranja, sušenja i merenja, ostatak se žari. Gubitak mase nakon žarenja odgovara masi sirove celuloze u delu uzorka za ispitivanje.

- Određivanje bezazotnih ekstraktivnih materija (BEM)

Sadržaj bezazotnih ekstraktivnih materija (BEM) (%) određen je računski prema formuli: $BEM = 100 - (\% \text{ vlaga} + \% \text{ pepeo} + \% \text{ celuloza} + \% \text{ proteini} + \% \text{ mast})$, (Šefer i sar, 2023).

- Hrana za životinje -Određivanje sadržaja bakra, mangana i cinka - metoda atomske apsorpcione spektrometrije AAS - SRPS EN ISO 6869/2008

Princip metode: Rastvaranje dela uzorka za ispitivanje u hlorovodoničnoj kiselini, posle spaljivanja u peći za žarenje na $(550 \pm 15) ^\circ\text{C}$. Uklanjanje prisutnih jedinjenja silicijuma taloženjem i titracijom. Rastvaranje taloga u hlorovodoničnoj kiselini i razblaživanje do željene zapremine, a zatim raspršivanje u plamenu vazduh-acetilen atomsko-apsorpcionog spektrometra. Merenje apsorpcije svakog elementa na odgovarajućim talasnim dužinama ($\lambda_{\text{Cu}} = 324,8 \text{ nm}$; $\lambda_{\text{Mn}} = 279,5 \text{ nm}$; $\lambda_{\text{Zn}} = 213,8 \text{ nm}$) i upoređivanje sa apsorpcijom kalibracionih rastvora za dati element. Sadržaj svakog elementa (Cu, Mn i Zn) određen je na osnovu kalibracione krive, uzimajući u obzir mase uzoraka i primenjena razblaženja.

4.6. Zdravstveno stanje

Pored preventivnog programa zdravstvene zaštite, sve životinje u ogledu bile su pod stalnim veterinarsko-medicinskim nadzorom, a sve promene zdravstvenog stanja svakodnevno su praćene i evidentirane. Svakodnevna opservacija vršena je pojedinačnom i grupnom adspekcijom, a posebna pažnja bila je usmerena na promene u izgledu i konzistenciji fecesa kod prasadi. Mortalitet je

svakodnevno praćen, a eventualni broj uginulih prasadi i njihove telesne mase evidentirane po danima uginuća.

4.7. Proizvodni rezultati

Kontrolna merenja oglednih prasadi izvršena su prvog dana eksperimenta, zatim 21. i 42. dana (poslednjeg dana eksperimenta). Na osnovu rezultata merenja izračunata je prosečna telesna masa prasadi na početku ogleda i na kraju obe faze eksperimenta. Iz razlika telesnih masa na početku i kraju svake faze eksperimenta izračunat je ukupni prirast, a na osnovu trajanja pojedinih faza i dnevni prirast. Telesna masa prasadi merena je na tehničkoj vagi sa tačnošću od ± 10 g.

Na kraju svake faze ogleda merena je količina utrošene hrane za svaku grupu prasadi po podgrupama. Iz dobijenih podataka o utrošku hrane izračunata je ukupna i dnevna konzumacija hrane posebno za svaku fazu eksperimenta, kao i za ceo period. Iz podataka o utrošku hrane i prirastu prasadi izračunat je odnos konzumacije hrane i prirasta prasadi (konverzija) posebno za svaku fazu, kao i za ceo ogled po podgrupama. Količina utrošene hrane merena je na tehničkoj skali sa tačnošću od ± 1 g.

4.8. Histomorfološka ispitivanja

Poslednjeg dana ogleda, neposredno posle klanja po šest prasadi iz svake grupe (jedno prase po podgrupi), izvršena je evisceracija organa, a tanka i debela creva su odvojena po segmentima. Nakon ispiranja, izmerena je dužina creva i masa svakog segmenta creva, jetre, slezine i želuca. Nakon toga, uzorkovani su delovi segmenata creva (duodenum, jejunum, ileum, cekum) za histološka ispitivanja, po 6 uzoraka svakog segmenta creva iz svake grupe (jedno prase po podgrupi). Tkivo je fiksirano 72 sata u 10% pH neutralnom formalinu. Da bi se sprečilo slepljivanje i deformacija crevnog zida, formalin je ubrizgan u lumen ligiranog creva. Nakon fiksacije, uzorci su uklopljeni u parafin, a zatim su poprečni preseći debljine 5 μm obojeni hematoksilinom i eozinom (HE), kao i kombinacijom perjodne kiseline i Schiff-ovog reagensa – PAS (Yamabayashi, 1987; Smirnov et al., 2005). Histološka i morfometrijska analiza crevne sluznice uključujući visinu resica, širinu resica i dubinu kripti rađena je na mikroskopu Olympus BX-51 uz korišćenje softvera Olympus cell B. Zastupljenost peharstih ćelija određena je na po 10 vidnih polja velikog povećanja po uzorku (Funes i sar., 2014).

4.9. Ispitivanje elektrohemijske reakcije (pH) himusa

Merenje pH vrednosti (ISO 23496:2019) izvršeno je 15-30 minuta nakon klanja, pH-metrom «Testo 205» (Nemačka) koji meri pH ubodom elektrode, odnosno sonde pH-metra u sadržaj želuca i svih segmenata creva.

4.10. Mikrobiološka ispitivanja

Neposredno nakon klanja i evisceracije organa prasadi uzorkovani su sadržaji duodenuma, jejunuma, ileuma i cekuma (po šest uzoraka svakog segmenta creva iz svake grupe – jedno prase po podgrupi) sa ciljem analize ukupnog broja aerobnih bakterija, ukupnog broja anaerobnih bakterija, broja bakterija roda *Enterococcus*, *E. coli*, *C. perfringens* i broja bakterija roda *Lactobacillus*. Uzorci za bakteriološka ispitivanja uzeti su direktno iz creva sterilnim štapićem, po 1 g uzorka crevnog sadržaja. Formirana su razblaženja u tečnoj fazi i to: u sterilnom fiziološkom rastvoru za bakterije koje su kasnije inkubirane aerobno i u tioglikolatnom bujonu za bakterije koje su inkubirane anaerobno. Po 1 g uzorka suspendovan je u 9 ml tečnog medijuma, a zatim je po 1 ml dalje titriran u 9 ml medijuma do postizanja adekvatnog inokuluma. Za brojanje bakterija korišćene su ISO metode koje se zasnivaju na kultivaciji ciljanih mikroorganizama sa modifikacijom korišćenog matriksa, temperature inkubacije i podloga u zavisnosti od bioloških karakteristika ispitivanih bakterija. Broj bakterija određen je prema standardima ISO 7218:2007 i SRPS ISO 4833-1:2014 tehnikom „pour on” zasejavanja. Inokulum zapremine 1 ml preliven je sa 12 ml rashlađenog agara u Petri pločama prečnika 90 mm. Korišćen je set od tri sukcesivna titrirana inokuluma u zavisnosti od očekivanog broja bakterija (ISO 7218:2007). Za ukupan broj aerobnih i anaerobnih bakterija korišćena je *plate count* podloga (PCA, HiMedia) uz aerobnu ili anaerobnu inkubaciju 72 h pri 30 °C. Za broj bakterija roda *Enterococcus* i *E. coli* korišćen je UTI agar (HiMedia) koji je inkubiran aerobno na 37 °C u vremenskom periodu od 16 do 20 h. Za numeraciju *C. perfringens* korišćena je SRPS ISO metoda 7937:2004 zasejavanjem sulfit cikloserin agara bez žumanca (Oxoid) i anaerobnim inkubiranjem pri 37 °C tokom 20 h ± 2 h (GasPack, BD BBL). Za izolaciju bakterija roda *Lactobacillus* mezofilnog rasta korišćena je metoda ISO 15214:1998 zasejavanjem MRS agara (Oxoid) u anaerobnim uslovima (GasPack, BD BBL) pri 30° tokom 72 h.

4.11. Hematološki i biohemijski parametri

Pre klanja oglednih jedinki, punkcijom *v. jugularis* uzorkovana je krv od šest prasadi iz svake grupe (jedno prase po podgrupi). Za hematološke analize krv je sakupljena u vakum epruvete sa BD EDTA antikoagulansom (Becton Dickinson). Za biohemijske analize krv je sakupljena u vakum epruvete bez antikoagulansa i ostavljena da se spontano koaguliše, nakon čega je serum izolovan centrifugiranjem pri sobnoj temperaturi, 15 min, na 2000x (centrifuga: Megafuge 1.0;R Heraeus, Nemačka).

Vrednosti osnovnih hematoloških parametara periferne krvi - koncentracija leukocita, trombocita, eritrocita, hemoglobina i hematokrit određene su na automatizovanom hematološkom analizatoru Hematology Analyzer 901062 (Diatron, Arcus, GmbH, Austrija) metodom električne

impedance. Osnovni biohemijski parametri seruma - koncentracija glukoze, albumina, globulina, kreatinina, uree, ukupnog i direktnog bilirubina, triglicerida, ukupnog holesterola i urata, kao i aktivnost kreatin kinaze, alanin aminotransferaze, alkalne fosfataze, aspartat aminotransferaze i laktat dehidrogenaze određeni su spektrofotometrijski na automatizovanom biohemijском analizatoru COBAS INTEGRA 400 plus (Roche Diagnostics, Švajcarska). Koncentracija ukupnih proteina seruma analizirana je spektrofotometrijski u mikrotitarskim pločama, komercijalnim testom zasnovanim na bicinholinskoj kiselini (BCA Protein Assay; Pierce, IL, SAD). Test je izveden po uputstvu proizvođača, a apsorbancija reakcionog proizvoda na 540 nm izmerena je na čitaču mirotitarskih ploča RT-6100 (Rayto, Kina). Ukupni proteini seruma razdvojeni su elektroforezom u 8% gelu poliakrilamida sa dodatkom anjonskog deterdženta natrijum dodecil sulfata (SDS-PAGE) u neredukujućim uslovima (Kovačić et al, 2017). Procentualni udeli proteina u elektroforetskim frakcijama koje su po svojoj pokretljivosti odgovarale transferinu, IgG, IgA i proteinima visoke molekulske mase određeni su denzitometrijski uz pomoć ImageMaster Total Lab TL 120 softvera. Koncentracija proteina u ovim frakcijama određena je prema formuli:

$$\text{Koncentracija proteina u frakciji (g/L)} = \text{Koncentracija ukupnih proteina seruma (g/L)} \times \frac{\text{procentni udeo frakcije (\%)}}{100 (\%)}$$

4.12. “Fecal” skor

Tokom oglеda, izvršen je monitoring prasadi na kliničke znake dijareje. Vrednost “Fecal” skora kod prasadi beležena je svakodnevno pojedinačno, a prosečan “Fecal” skor po podgrupi izračunat je svakog dana. “Fecal” skor je ocenjen prema sistemu vrednovanja od 1 do 5 (Pierce i sar, 2005) sa sledećim karakteristikama svake od ocena: 1. čvrst feces (retko viđen); 2. blago mekani feces; 3. mekani, delimično formirani feces; 4. rastresiti, polutečni feces (dijareja); 5. vodeni feces sličan sluzi (teška dijareja). Svaki antibiotski tretman prasadi bio bi pojedinačno evidentiran, pominjući vrstu antimikrobnog sredstva, vreme lečenja i troškove.

4.13. Ispitivanje ekonomske isplativosti proizvodnje

Struktura cene koštanja jednog kilograma hrane za ispitivane grupe izračunata je na osnovu strukture smeše i cene korišćenih sirovina. Troškovi hrane izračunati su iz cene hrane i količine utrošene hrane, pojedinačno za starter i grover. Ekonomski pokazatelji (ukupni troškovi, vrednost proizvodnje, finansijski rezultat, cena koštanja po kg hrane, koeficijent ekonomičnosti) izračunati su na kraju oglеda koristeći ostvarene vrednosti i troškove proizvodnje. Utvrđivanje ekonomičnosti proizvodnje izvršeno je na osnovu strukture cene koštanja, tako što su učešće troškova amortizacije, lični dohodak, indirektni troškovi, i ostali materijalni troškovi fiksni za sve grupe, a samo su troškovi hrane imali varijabilan karakter (Tešić i sar., 2013). U radu su korišćene vrednosti cena

sirovina, ispitivanih dodataka i žive mere prasadi/kg aktuelne u Srbiji u desetoj nedelji 2024. godine. Cena koštanja žive mere prasadi u fazi startera i fazi grovera, pojedinačno, izračunata je na osnovu sledećih formula:

$$CK = ((Po * V) + ((M - Po) * X * C) + K) / M;$$

$$K = ((Po * V) + ((M - Po) * X * C)) * 10 / 90, \text{ gde je:}$$

CK – cena koštanja žive mere prasadi (550 RSD/kg); Po – prosečna masa prasadi pri ulasku u odgoj; V – cena kg unetih životinja u tovu; X – utrošak hrane za kg prirasta; C – cena hrane; K – učešće ostalih troškova; M – prosečna masa prasadi pri prodaji.

Cena koštanja jednog kilograma hrane za ceo period odgoja izračunata je na osnovu ukupnog prirasta prasadi u starter, odnosno grover fazi koja je bila pomnožena sa cenom koštanja hrane. Ukupni troškovi proizvodnje izračunati su na osnovu proizvoda ukupne završne telesne mase prasadi (kg) i cene koštanja jednog kilograma žive mere, za svaku grupu ponaosob. Vrednost proizvodnje izračunata je na osnovu proizvoda ukupne završne telesne mase prasadi i otkupne cene jednog kilograma žive mere. Finansijski rezultat izračunat je kao razlika vrednosti proizvodnje i troškova proizvodnje, dok je koeficijent ekonomičnosti izračunat kao količnik vrednosti proizvodnje (ukupan prihod) i troškova proizvodnje (Tešić i Nedić, 2015).

4.14. Statistička obrada podataka

U statističkoj analizi dobijenih rezultata izvedenog eksperimenta, kao osnovne statističke metode korišćeni su deskriptivni statistički parametri kao što su: aritmetička sredina, standardna devijacija, standardna greška, minimalna, maksimalna vrednost i koeficijent varijacije. Navedeni deskriptivni statistički parametri omogućili su opisivanje rezultata eksperimenta, kao i njihovo pravilno tumačenje. Dobijeni rezultati ispitivanja upoređeni su statističkom analizom koristeći Microsoft Excel 2010 i GraphPad Prism software, verzija 9.00 za Windows (GraphPad Software, San Diego, California USA, www.graphpad.com). Za testiranje i utvrđivanje značajnosti razlika između ispitivanih grupa korišćen je ANOVA test, a zatim su pojedinačnim Tukey testom ispitane statistički značajne razlike u vrednostima rezultata između pojedinih oglednih grupa. Step en zavisnosti dva parametra iskazan je Pearson-ovim koeficijentom korelacije. Signifikantnost razlika utvrđena je nivoima značajnosti od 1% i 5%. Svi dobijeni rezultati prikazani su tabelarno i grafički.

5. REZULTATI ISPITIVANJA

U ovom poglavlju prikazani su rezultati dobijeni hemijskim analizama potpunih smeša za ishranu ogledne prasadi, proizvodnim performansama, histološkim ispitivanjima i rezultati dobijeni hemijskim i mikrobiološkim analizama duodenuma, jejunuma, ileuma i cekuma, zatim rezultati hematoloških i biohemijskih ispitivanja, vrednosti „Fecal“ skora, korelaciona zavisnost između telesne mase i histoloških parametara, kao i ekonomičnost proizvodnje. Zbog bolje preglednosti, rezultati su prikazani u vidu tabela i slika za odgovarajuće ispitivane parametre.

5.1. Hemijski sastav smeša

Hemijski sastav potpunih smeša za ishranu kontrolne i oglednih grupa prasadi prikazan je u tabeli 5.1 i 5.2. Rezultati hemijskih analiza smeša za ishranu prasadi u odgoju pokazuju da su smeše bile optimalno izbalansirane za vrstu i kategoriju životinja u ogledu. Potpune smeše u ogledu su hemijski odgovarale zahtevima i ciljevima koji su postavljeni na početku ogleda.

Tabela 5.1. Hemijski sastav potpunih starter smeša za ishranu kontrolne i oglednih grupa prasadi

Parametar	K grupa	O-I grupa	O-II grupa	O-III grupa
Vlaga, %	10,50	10,60	10,48	10,58
Pepeo, %	6,20	6,12	6,32	6,24
Sirovi proteini, %	20,35	20,18	20,22	20,43
Masti, %	6,95	7,00	6,84	7,05
Celuloza, %	4,04	4,18	3,92	4,11
NFE %	51,96	51,92	52,22	51,59
Ca, %	0,95	0,93	0,98	0,94
P, %	0,68	0,67	0,70	0,70
Na, %	0,19	0,18	0,20	0,18
Mg, %	0,15	0,14	0,16	0,14
Fe, mg/kg	140	150	150	140
Cu, mg/kg	130	130	180	140
Mn, mg/kg	110	74	120	100
Zn, mg/kg	170	95	120	88

Napomena: rezultati su izraženi u % VSM (vazdušno suva materija)

Tabela 5.2. Hemijski sastav potpunih grover smeša za ishranu kontrolne i oglednih grupa prasadi

Parametar	K grupa	O-I grupa	O-II grupa	O-III grupa
Vlaga, %	11,67	11,80	11,50	11,72
Pepeo, %	5,50	5,42	5,72	5,60
Sirovi proteini, %	18,25	18,05	18,35	18,30
Masti, %	5,60	5,70	5,68	5,48
Celuloza, %	3,66	3,50	3,55	3,77

NFE %	55,32	55,53	55,20	55,73
Ca, %	0,83	0,81	0,88	0,85
P, %	0,63	0,62	0,68	0,65
Na, %	0,18	0,17	0,20	0,18
Mg, %	0,14	0,14	0,15	0,13
Fe, mg/kg	140	140	140	140
Cu, mg/kg	90	86	82	100
Mn, mg/kg	120	100	110	82
Zn, mg/kg	140	100	110	170

Napomena: rezultati su izraženi u % VSM (vazdušno suva materija)

5.2. Zdravstveno stanje životinja

Prasad u kontrolnoj i oglednim grupama prasadi bili su ujednačene telesne građe, pravilno razvijenog koštanog i mišićnog tkiva i živahnog temperamenta. Koža i vidljive sluznice bile su uobičajenog izgleda bez patoloških promena. Konzumacija je bila dobra kod svih grupa prasadi u eksperimentu, a feces normalno formiran. Sposobnost aktivnog kretanja i koordinacija pokreta bili su usklađeni. Tokom oglada nije bilo poremećaja zdravstvenog stanja i/ili ispoljavanja kliničkih znakova oboljenja.

5.3. Proizvodni rezultati

5.3.1. Telesne mase prasadi

Telesna masa prasadi izmerena na početku i na kraju svake faze oglada prikazana je u tabelama 5.3, 5.4 i 5.5. Prvog dana oglada, na odlučanju prasadi od krmače, jedinke su imale odgovarajuću telesnu masu za datu životnu dob od 28 dana, a razlike u telesnoj masi među grupama nisu bile statistički značajne.

Telesna masa kontrolne i oglednih grupa prasadi tokom posmatranih faza eksperimenta kretala se u okviru granica predviđenih tehnološkim normativima za datu rasu i starost. U odnosu na kontrolnu grupu, uočavaju se numeričke i statističke razlike u telesnoj masi prasadi oglednih grupa. Na kraju prve faze oglada, prasad u oglednim grupama ostvarila su veću telesnu masu u odnosu na prasad kontrolne grupe. U vrednostima telesne mase između kontrolne i ogledne grupe prasadi O-III utvrđena je i statistički značajna razlika ($p < 0,05$). Isti trend nastavljen je i u drugoj fazi oglada, gde je ustanovljena statistički značajna razlika između kontrolne grupe i oglednih grupa prasadi O-I i O-III ($p < 0,05$ i $p < 0,01$, pojedinačno). Takođe, grupa prasadi sa dodatkom kombinacije ispitivanih aditiva ostvarila je statistički značajno veću telesnu masu od grupe prasadi sa dodatkom protektirane benzoeve kiseline ($p < 0,05$).

Tabela 5.3. Prosečna telesna masa (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi 1. dana ogleda (n = 24)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	6,83	0,576	0,118	6,00	7,70	8,43
O-I	6,84	0,620	0,126	6,00	8,00	9,06
O-II	6,83	0,531	0,108	6,00	7,60	7,78
O-III	6,83	0,534	0,109	6,00	7,90	7,81

Tabela 5.4. Prosečna telesna masa (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi 21. dana ogleda (n = 24)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	12,80 ^a	1,466	0,299	10,80	15,00	11,45
O-I	13,22	1,683	0,344	11,40	16,70	12,73
O-II	13,04	1,645	0,336	11,00	15,90	12,62
O-III	13,68 ^a	1,485	0,303	12,00	16,80	10,86

Legenda: Isto slovo u koloni ^a - p<0,05.

Tabela 5.5. Prosečna telesna masa (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi 42. dana ogleda (n = 24)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	25,06 ^{A,a}	3,331	0,680	20,40	30,50	13,29
O-I	26,58 ^a	2,050	0,418	22,70	31,50	7,71
O-II	25,78 ^b	1,805	0,368	21,50	30,20	7,00
O-III	27,28 ^{A,b}	2,282	0,466	24,50	32,80	8,36

Legenda: Ista slova u koloni ^A - p<0,01; ^{a, b} - p<0,05.

5.3.2. Prosečni ukupni i dnevni prirasti prasadi

Numerički prikaz ostvarenih ukupnih (tabele 5.6, 5.7 i 5.8) i dnevnih prirasta (tabele 5.9, 5.10 i 5.11) kontrolne i oglednih grupa prasadi nalazi se u nastavku. Ukupni i dnevni prirasti prasadi u ogledu bili su u granicama predviđenim tehnološkim normativima za rasu i dob života u obe faze eksperimenta. U prvoj fazi ogleda nisu zabeležene statistički značajne razlike u prirastu prasadi kontrolne i oglednih grupa, uz napomenu da su numeričke razlike prisutne, u najvećoj meri između kontrolne i ogledne grupe O-III grupe. Tokom druge faze ogleda nastavljen je isti trend, ali sa statističkim razlikama i to između kontrolne grupe sa jedne strane i oglednih grupa sa dodatkom helatnih formi mikroelemenata (p<0,05, p<0,01). Posmatrajući ceo ogledni period, utvrđene su numeričke razlike između nutritivnih tretmana, ali je sa stanovišta statističke analize podataka značajna bila samo razlika u prirastima kontrolne grupe i ogledne grupe prasadi sa dodatkom

kombinacije ispitivanih aditiva u smešama (O-III grupa), što preračunato na dnevnoj bazi predstavlja razliku od 60 g prirasta ($p < 0,01$).

Tabela 5.6. Ukupni prosečni prirast (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi od 1. do 21. dana ogleđa (n = 24)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	5,97	1,240	0,253	3,7	8,1	20,77
O-I	6,38	1,301	0,266	4,8	8,7	20,40
O-II	6,20	1,234	0,252	4,9	8,9	19,89
O-III	6,85	1,161	0,237	5,7	9,8	16,96

Tabela 5.7. Ukupni prosečni prirast (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi od 21. do 42. dana ogleđa (n = 24)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	12,21 ^{Aa}	2,326	0,4748	7,5	16	19,05
O-I	13,36 ^a	0,9819	0,2004	11,1	14,8	7,35
O-II	12,74	1,085	0,2215	10,4	14,7	8,52
O-III	13,6 ^A	1,096	0,2237	11,8	16,9	8,06

Legenda: Ista slova u koloni ^A - $p < 0,01$; ^a - $p < 0,05$.

Tabela 5.8. Ukupni prosečni prirast (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi od 1. do 42. dana ogleđa (n = 24)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	18,18 ^A	3,186	0,650	13,1	24,1	17,52
O-I	19,74	1,665	0,340	16,2	23,5	8,43
O-II	18,95	1,540	0,314	15,4	22,6	8,13
O-III	20,45 ^A	1,986	0,405	17,8	25,3	9,71

Legenda: Isto slovo u koloni ^A - $p < 0,01$.

Tabela 5.9. Prosečni dnevni prirast (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi od 1. do 21. dana ogleđa (n = 24)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	0,28	0,059	0,012	0,18	0,39	20,88
O-I	0,30	0,062	0,013	0,23	0,41	20,48
O-II	0,30	0,059	0,012	0,23	0,42	19,83
O-III	0,33	0,055	0,011	0,27	0,47	16,95

Tabela 5.10. Prosečni dnevni prirast (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi od 21. do 42. dana ogleđa (n = 24)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	0,58 ^{Aa}	0,111	0,023	0,36	0,76	19,03
O-I	0,64 ^a	0,047	0,009	0,53	0,70	7,31
O-II	0,61	0,051	0,010	0,50	0,70	8,41
O-III	0,65 ^A	0,052	0,011	0,56	0,80	8,04

Legenda: Ista slova u koloni ^A - p<0,01; ^a - p<0,05.

Tabela 5.11. Prosečni dnevni prirast (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi od 1. do 42. dana ogleđa (n = 24)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	0,43 ^A	0,076	0,015	0,31	0,57	17,51
O-I	0,47	0,040	0,008	0,39	0,56	8,46
O-II	0,45	0,037	0,008	0,37	0,54	8,22
O-III	0,49 ^A	0,047	0,010	0,42	0,60	9,69

Legenda: Isto slovo u koloni ^A p<0,01.

5.3.3. Prosečna ukupna i dnevna konzumacija hrane

Ukupna konzumacija hrane prasadi u ogleđu, kao i konzumacija hrane na dnevnoj bazi prikazana je u tabelama 5.12-5.17. Prasad kontrolne i oglednih grupa prasadi konzumirala su uobičajene količine starter i grover smeše, standardne za datu kategoriju svinja. Uočljivo je da se u prvoj fazi ogleđa konzumacija hrane kod prasadi među nutritivnim tretmanima nije značajno razlikovala. U fazi konzumiranja grover smeše, takođe nije bilo razlika u konzumaciji hrane, a najveće variranje u ukupnoj količini konzumirane hrane zabeleženo je između oglednih grupa prasadi O-II i O-III, što sa stanovišta statističke analize podataka nije bilo značajno. Posmatrajući ceo period odgoja prasadi, u eksperimentu nije bilo statističkih značajnih razlika u konzumaciji hrane. Najveća numerička razlika detektovana je, kao i u drugoj fazi ogleđa, između druge i treće ogledne grupe, što je preračunato na dnevnoj bazi razlika od 26 g u korist ogledne grupe prasadi O-III.

Tabela 5.12. Prosečna konzumacija hrane (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi od 1. do 21. dana ogleda (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	43,20	2,431	0,992	40,1	47,5	5,63
O-I	44,08	3,772	1,540	37,9	49,8	8,56
O-II	42,25	3,484	1,422	37,8	47,5	8,25
O-III	44,58	2,212	0,903	41,5	48,2	4,96

Tabela 5.13. Prosečna konzumacija hrane (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi od 21. do 42. Dana ogleda (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	101,8	9,046	3,693	88,20	114,50	8,89
O-I	103,7	1,800	0,735	101,80	106,00	1,74
O-II	101,4	3,420	1,396	97,50	107,20	3,37
O-III	103,3	2,597	1,060	99,90	107,10	2,51

Tabela 5.14. Prosečna konzumacija hrane (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi od 1. do 42. dana ogleda (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	145,0	11,71	4,782	128,6	160,5	8,08
O-I	147,8	4,097	1,673	143,1	153,5	2,77
O-II	143,6	2,928	1,195	139,6	148,2	2,04
O-III	147,9	4,877	1,991	143,2	156,2	3,30

Tabela 5.15. Prosečna dnevna konzumacija hrane (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi od 1. do 21. dana ogleda (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	0,513	0,0301	0,0123	0,48	0,57	5,86
O-I	0,523	0,0446	0,0182	0,45	0,59	8,52
O-II	0,503	0,0418	0,0171	0,45	0,57	8,30
O-III	0,530	0,0261	0,0107	0,49	0,57	4,92

Tabela 5.16. Prosečna dnevna konzumacija hrane (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi od 21. do 42. dana ogleda (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	1,21	0,107	0,044	1,05	1,36	8,85
O-I	1,24	0,021	0,008	1,21	1,26	1,68
O-II	1,21	0,043	0,017	1,16	1,28	3,53
O-III	1,23	0,033	0,014	1,19	1,28	2,69

Tabela 5.17. Prosečna dnevna konzumacija hrane (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi od 1. do 42. dana ogleda (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	0,865	0,071	0,029	0,77	0,96	8,23
O-I	0,878	0,025	0,010	0,85	0,91	2,83
O-II	0,852	0,017	0,007	0,83	0,88	2,02
O-III	0,878	0,030	0,012	0,85	0,93	3,40

5.3.4. Prosečna konverzija hrane

Vrednosti konverzije hrane ostvarene kod kontrolne i oglednih grupa prasadi, prema fazama ogleda, prikazane su u tabelama 5.18, 5.19 i 5.20. Iz podataka se uočava uticaj različitih nutritivnih tretmana. Ogledne grupe prasadi ostvarile su bolju vrednost konverzije tokom starter faze ogleda u odnosu na kontrolnu grupu, što je utvrđeno i sa stanovišta statističke analize podataka i to O-I ogledna grupa sa statističkom značajnošću na nivou $p < 0,05$, a O-II i O-III ogledna grupa na nivou $p < 0,01$. Grupa prasadi sa dodatkom kombinacije ispitivanih dodataka u smešama ostvarila je najbolju konverziju u starter fazi sa značajnim razlikama u odnosu na prvu i drugu oglednu grupu. Pri poređenju kontrolne i ogledne grupe prasadi O-III, isti trend nastavljen je i u grover fazi ogleda, a prva ogledna grupa ostvarila je bolju vrednost konverzije od druge ogledne grupe. Zbirno posmatrano, svi ogledni nutritivni tretmani ostvarili su statistički značajno bolju vrednost konverzije ($p < 0,01$), sa najboljom vrednošću kod ogledne grupe prasadi O-III. Razlike u vrednostima konverzije kod prve i druge ogledne grupe bile su minimalne.

Tabela 5.18. Prosečna konverzija hrane (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi 1-21. dana ogleda (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	1,81 ^{ABa}	0,028	0,011	1,77	1,84	1,52
O-I	1,73 ^{Ca}	0,064	0,026	1,62	1,80	3,72
O-II	1,71 ^{Ab}	0,027	0,011	1,67	1,74	1,60
O-III	1,63 ^{BCb}	0,024	0,010	1,60	1,66	1,45

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C} - p<0,01; ^{a, b} - p<0,05.

Tabela 5.19. Prosečna konverzija (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi 21-42. dana ogleda (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	2,09 ^{Ab}	0,084	0,034	1,99	2,21	4,02
O-I	1,94 ^{Aa}	0,040	0,016	1,87	1,99	2,05
O-II	1,99 ^a	0,048	0,020	1,94	2,08	2,41
O-III	1,90 ^b	0,047	0,019	1,83	1,95	2,48

Legenda: Ista slova u koloni ^A - p<0,01; ^{a, b} - p<0,05.

Tabela 5.20. Prosečna konverzija hrane (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi 1-42. dana ogleda (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	2,00 ^{ABC}	0,067	0,027	1,92	2,08	3,36
O-I	1,87 ^A	0,038	0,016	1,82	1,92	2,04
O-II	1,90 ^{Ba}	0,051	0,021	1,84	1,97	2,70
O-III	1,81 ^{Ca}	0,035	0,014	1,76	1,84	1,95

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C} - p<0,01; ^a - p<0,05.

5.4. Histomorfološka ispitivanja

5.4.1. Prosečna dužina creva prasadi po segmentima

U tabelama 5.21-5.26 prikazana je ukupna prosečna dužina creva, ali i prosečna dužina duodenuma, jejunuma, ileuma, cekuma i kolona prasadi kontrolne i oglednih grupa. Iz prikazanih podataka može se uočiti da su razlike između hranidbenih tretmana u dužini segmenata creva minimalne i da nisu značajne sa stanovišta statističke analize podataka, kao i da predstavljaju odliku vrste i kategorije životinja.

Tabela 5.21. Ukupna prosečna dužina creva (cm) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	1725,00	57,190	23,350	1630,00	1787,00	3,32
O-I	1739,00	50,730	20,710	1663,00	1799,00	2,92
O-II	1704,00	80,580	32,900	1590,00	1812,00	4,73
O-III	1748,00	35,280	14,400	1699,00	1699,00	2,02

Tabela 5.22. Prosečna dužina duodenuma (cm) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	116,20	6,969	2,845	105,00	124,00	6,00
O-I	118,50	9,050	3,695	107,00	130,00	7,64
O-II	119,00	6,633	2,708	108,00	127,00	5,57
O-III	121,70	7,528	3,073	114,00	135,00	6,19

Tabela 5.23. Prosečna dužina jejunuma (cm) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	498,80	16,350	6,675	485,00	530,00	3,28
O-I	500,70	32,230	13,160	468,00	550,00	6,44
O-II	490,70	20,820	8,500	450,00	506,00	4,24
O-III	501,20	14,580	5,952	474,00	514,00	2,91

Tabela 5.24. Prosečna dužina ileuma (cm) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	739,50	32,590	13,300	689,00	778,00	4,41
O-I	742,30	40,070	16,360	689,00	784,00	5,40
O-II	744,30	44,630	18,220	697,00	810,00	6,00
O-III	746,70	33,950	13,860	710,00	801,00	4,55

Tabela 5.25. Prosečna dužina cekuma (cm) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	15,50	1,049	0,428	14,00	17,00	6,77
O-I	15,50	1,049	0,428	14,00	17,00	6,77
O-II	15,33	1,033	0,422	14,00	17,00	6,74
O-III	15,67	1,033	0,422	14,00	17,00	6,59

Tabela 5.26. Prosečna dužina kolona (cm) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	332,80	21,89	8,938	305,00	360,00	6,58
O-I	340,00	19,28	7,870	318,00	370,00	5,67
O-II	328,30	18,99	7,753	302,00	354,00	5,78
O-III	341,00	18,64	7,611	319,00	371,00	5,47

5.4.2. Prosečna masa creva prasadi po segmentima

U tabelama 5.27-5.32 prikazana je ukupna prosečna masa creva, kao i prosečna masa duodenuma, jejunuma, ileuma, cekuma i kolona prasadi kontrolne i oglednih grupa. Prikazani podaci pokazuju da je ukupna masa creva veća u oglednoj grupi O-III u odnosu na kontrolnu grupu ($p < 0,05$), kao i u odnosu na ogledne grupe prasadi O-I i O-II sa statističkom značajnošću na nivou $p < 0,01$. Razlike između kontrolne i oglednih grupa prasadi u masi duodenuma, jejunuma, ileuma i cekuma minimalne su i nisu statistički značajne. Najveća masa kolona izmerena je kod ogledne grupe O-III, što je bilo statistički značajno ($p < 0,05$) u poređenju sa prvom i drugom oglednom grupom prasadi.

Tabela 5.27. Prosečna ukupna masa creva (g) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	1875,00 ^a	70,460	28,770	1764,00	1946,00	3,76
O-I	1863,00 ^A	22,780	9,299	1843,00	1902,00	1,22
O-II	1856,00 ^B	34,550	14,100	1819,00	1896,00	1,86
O-III	1964,00 ^{ABa}	52,120	21,280	1906,00	2041,00	2,65

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B} - $p < 0,01$; ^a - $p < 0,05$.

Tabela 5.28. Prosečna masa duodenuma (g) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	74,67	5,680	2,319	69,00	85,00	7,61
O-I	75,17	5,981	2,442	68,00	85,00	7,96
O-II	75,33	5,750	2,348	67,00	81,00	7,63
O-III	79,83	4,262	1,740	75,00	86,00	5,34

Tabela 5.29. Prosečna masa jejunuma (g) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	367,70	25,560	10,430	335,00	403,00	6,95
O-I	380,30	20,710	8,456	351,00	410,00	5,45
O-II	378,80	25,230	10,300	340,00	405,00	6,66
O-III	395,00	16,790	6,856	365,00	410,00	4,25

Tabela 5.30. Prosečna masa ileuma (g) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	586,50	16,470	6,722	558,00	604,00	2,81
O-I	587,20	16,040	6,549	560,00	603,00	2,73
O-II	587,70	18,950	7,736	557,00	610,00	3,22
O-III	602,80	12,290	5,016	587,00	624,00	2,04

Tabela 5.31. Prosečna masa cekuma (g) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	72,50	6,285	2,566	62,00	79,00	8,67
O-I	65,67	4,274	1,745	59,00	71,00	6,51
O-II	69,17	4,262	1,740	63,00	74,00	6,16
O-III	70,67	5,164	2,108	64,00	78,00	7,31

Tabela 5.32. Prosečna masa kolona (g) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	674,00	42,870	17,500	602,00	720,00	6,36
O-I	654,70 ^a	17,340	7,079	632,00	680,00	2,65
O-II	644,80 ^b	44,220	18,050	599,00	700,00	6,86
O-III	715,20 ^{ab}	29,000	11,840	684,00	760,00	4,05

Legenda: Ista slova u koloni ^{a, b} - p<0,05.

5.4.3. Morfometrijski parametri duodenuma prasadi

Histološke karakteristike ispitivanih segmenata duodenuma kontrolne i oglednih grupa prasadi prikazane su u tabelama 5.33-5.37. Iz prikazanih podataka može se uočiti da se prosečna visina i širina crevnih resica, kao i dubina kripte u duodenumu značajno menjaju pod uticajem različitih hranidbenih tretmana. Naime, visina i širina crevnih resica u svim oglednim grupama prasadi bila je veća u poređenju sa kontrolnom grupom (p<0,01), s tim da je u analizi širine resica duodenuma uočljiva veća vrednost kod O-III grupe u odnosu na O-II grupu, takođe sa statističkom

značajnošću na nivou $p < 0,01$. Dubina kripti u duodenumu bila je manja kod svih oglednih grupa prasadi u odnosu na kontrolnu grupu ($p < 0,01$), a razlika je uočljiva i između O-III grupe i ostalih oglednih grupa, na istom nivou značajnosti. Broj peharastih ćelija u ispitivanim segmentima duodenuma nije se razlikovao u odnosu na primenjene hranidbene tretmane u ogledu. Odnos prosečnih visina resica i dubina kripti bio je najveći kod ogledne grupe prasadi O-III, u poređenju sa kontrolnom grupom sa statističkom značajnošću na nivou $p < 0,01$, a sa ostalim oglednim grupama na nivou $p < 0,05$.

Tabela 5.33. Prosečna visina resica duodenuma (μm) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	301,20 ^{ABC}	51,690	6,674	201,30	396,90	17,16
O-I	374,50 ^A	73,540	9,494	182,30	535,10	19,64
O-II	360,70 ^B	69,730	9,002	226,00	499,50	19,33
O-III	388,80 ^C	71,510	9,232	242,50	555,20	18,39

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C} - $p < 0,01$.

Tabela 5.34. Prosečna širina resica duodenuma (μm) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	119,80 ^{ABC}	15,520	2,003	70,40	165,80	12,95
O-I	151,10 ^A	24,390	3,148	95,76	238,40	16,14
O-II	143,10 ^{BD}	22,590	2,916	90,33	213,10	15,78
O-III	158,40 ^{CD}	16,980	2,192	108,20	197,80	10,71

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C, D} - $p < 0,01$.

Tabela 5.35. Prosečna dubina kripti duodenuma (μm) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	133,30 ^{ABC}	17,370	2,242	87,31	165,20	13,03
O-I	115,40 ^{AD}	13,670	1,765	85,23	144,70	11,85
O-II	112,50 ^{BE}	12,100	1,562	83,64	143,70	10,76
O-III	92,88 ^{CDE}	11,160	1,440	73,47	119,90	12,01

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C, D, E} - $p < 0,01$.

Tabela 5.36. Prosečan broj peharastih ćelija na 100 enterocita u duodenumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

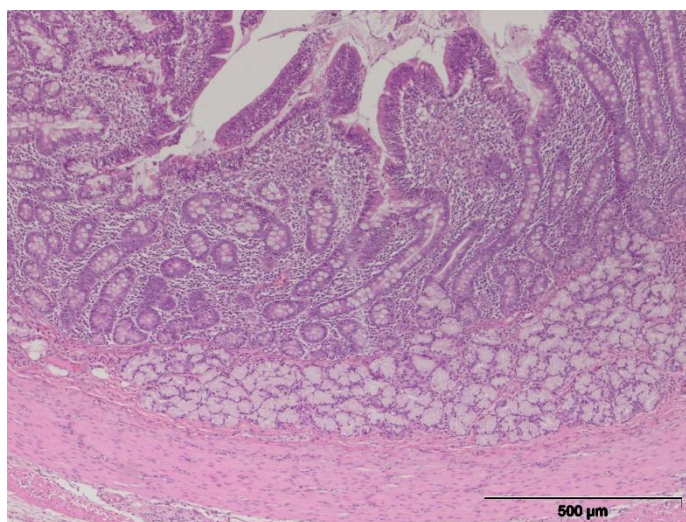
Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	26,83	3,545	1,447	23,00	33,00	13,21
O-I	27,83	3,710	1,515	22,00	33,00	13,33
O-II	28,50	4,087	1,668	24,00	34,00	14,34
O-III	34,17	6,524	2,664	27,00	43,00	19,10

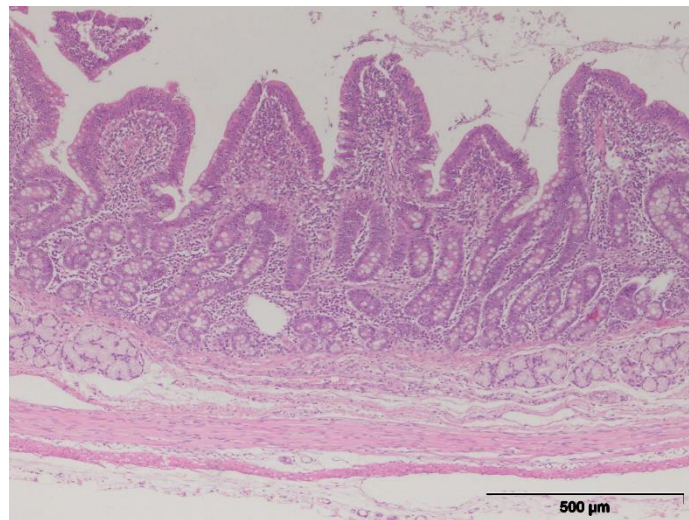
Tabela 5.37. Odnos prosečnih visina resica i prosečnih dubina kripi duodenuma kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	2,27 ^{Aab}	0,281	0,115	1,94	2,68	12,38
O-I	3,24 ^{ac}	0,332	0,136	2,96	3,88	10,26
O-II	3,22 ^{bd}	0,608	0,248	2,39	4,14	18,85
O-III	4,21 ^{AcD}	0,654	0,267	3,13	5,10	15,56

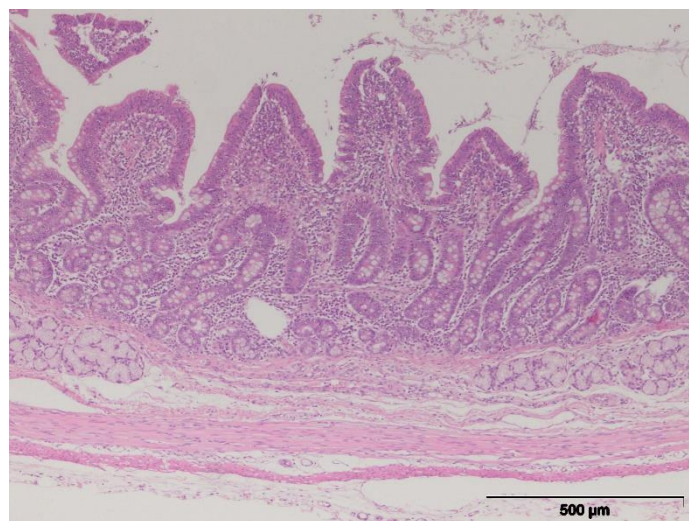
Legenda: Ista slova u koloni ^A - p<0,01; ^{a,b,c,d} - p<0,05.

Na slikama 5.1-5.4 prikazan je histološki izgled duodenuma kontrolne i oglednih grupa prasadi (hematoksilin eozin metoda).

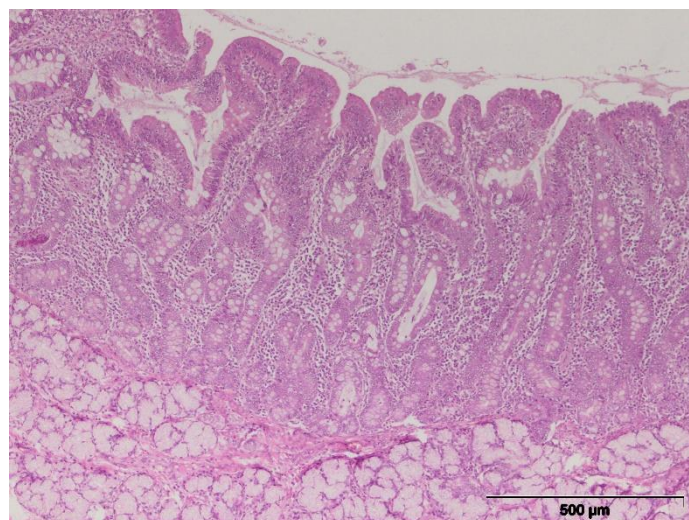
**5.1.** Duodenum kontrolne grupe prasadi



5.2. Duodenum O-I grupe prasadi



5.3. Duodenum O-II grupe prasadi



5.4. Duodenum O-III grupe prasadi

5.4.4. Morfometrijski parametri jejunuma prasadi

Histološke karakteristike ispitivanih segmenata jejunuma kontrolne i oglednih grupa prasadi prikazane su u tabelama 5.38-5.42. Prikazani rezultati pokazuju da se prosečna visina i širina crevnih resica, kao i dubina kripte u jejunumu značajno menjaju pod uticajem različitih nutritivnih tretmana. Visina i širina crevnih resica u svim oglednim grupama bila je veća u poređenju sa kontrolnom grupom ($p < 0,01$), s tim da je u analizi visine resica jejunuma uočljiva veća vrednost kod ogledne grupe prasadi O-III u odnosu na oglednu grupu O-II, takođe sa statističkom značajnošću na nivou $p < 0,01$. Dubina kripte u jejunumu bila je manja kod svih oglednih grupa prasadi u odnosu na kontrolnu grupu ($p < 0,01$), a razlika je uočljiva i između O-III grupe i ostalih oglednih grupa, na istom nivou značajnosti. Broj peharastih ćelija u ispitivanim segmentima jejunuma nije se razlikovao u odnosu na primenjene nutritivne tretmane u ogledu. Odnos prosečnih visina resica i dubina kripte bio je veći kod svih oglednih grupa prasadi u poređenju sa kontrolnom i to u slučaju ogledne grupe O-III na nivou značajnosti $p < 0,01$, O-II sa statističnom značajnošću $p < 0,05$, dok je između kontrolne i prve ogledne grupe prikazana razlika bez statističke značajnosti.

Tabela 5.38. Prosečna visina resica jejunuma (μm) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	295,80 ^{ABC}	56,210	7,257	161,80	423,40	19,00
O-I	363,00 ^A	57,960	7,483	248,40	481,10	15,97
O-II	342,50 ^{BD}	59,920	7,736	224,40	471,40	17,50
O-III	377,60 ^{CD}	64,400	8,314	286,70	519,80	17,06

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C, D} - $p < 0,01$.

Tabela 5.39. Prosečna širina resica jejunuma (μm) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	72,60 ^{ABC}	10,720	1,384	40,84	90,27	14,77
O-I	132,50 ^A	15,830	2,044	103,20	172,00	11,95
O-II	134,60 ^B	13,100	1,691	108,60	168,00	9,73
O-III	141,80 ^C	12,800	1,653	114,50	192,00	9,03

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C} - $p < 0,01$.

Tabela 5.40. Prosečna dubina kripte jejunuma (μm) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	107,90 ^{ABC}	17,100	2,207	80,09	162,20	15,84
O-I	97,15 ^{AD}	14,350	1,853	70,97	125,10	14,77
O-II	91,16 ^{BE}	14,630	1,889	66,06	121,10	16,05
O-III	79,77 ^{CDE}	12,420	1,604	49,79	105,60	15,57

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C, D, E} - $p < 0,01$.

Tabela 5.41. Prosečan broj peharastih ćelija na 100 enterocita u jejunumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

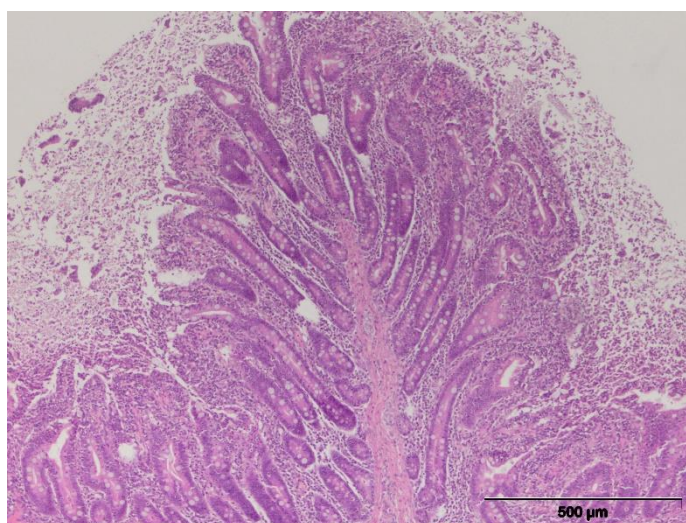
Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	19,83	4,262	1,740	15,00	26,00	21,49
O-I	20,83	4,070	1,662	15,00	26,00	19,54
O-II	21,83	3,601	1,470	16,00	26,00	16,49
O-III	23,50	4,970	2,029	19,00	32,00	21,15

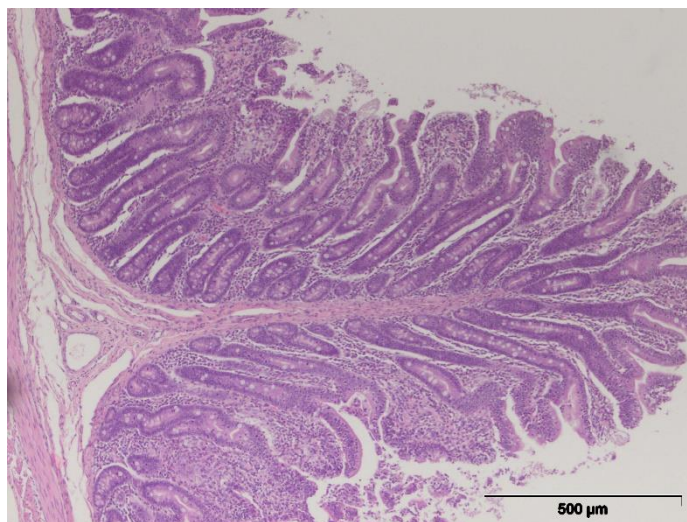
Tabela 5.42. Odnos prosečnih visina resica i prosečnih dubina kripti jejunuma kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	2,76 ^{Aa}	0,284	0,116	2,29	3,13	10,30
O-I	3,77	0,469	0,191	3,14	4,42	12,44
O-II	3,85 ^a	0,934	0,381	2,51	5,05	24,26
O-III	4,75 ^A	0,637	0,260	3,94	5,74	13,40

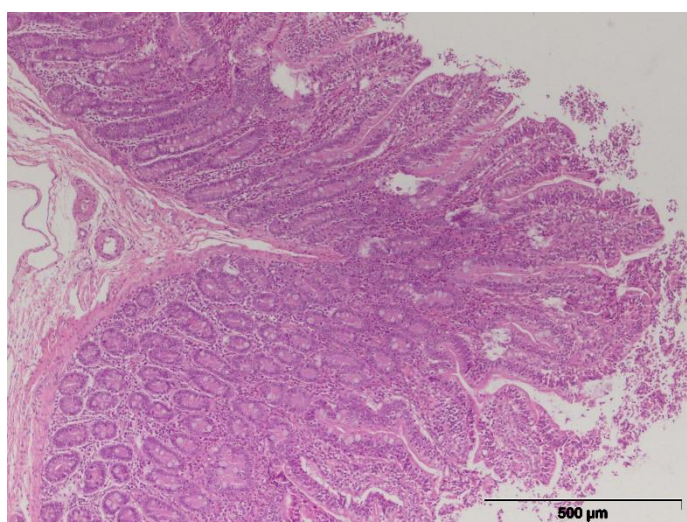
Legenda: Ista slova u koloni ^A - p<0,01; ^a - p<0,05.

Na slikama 5.5-5.8 prikazan je histološki izgled jejunuma kontrolne i oglednih grupa prasadi (hematoksilin eozin metoda).

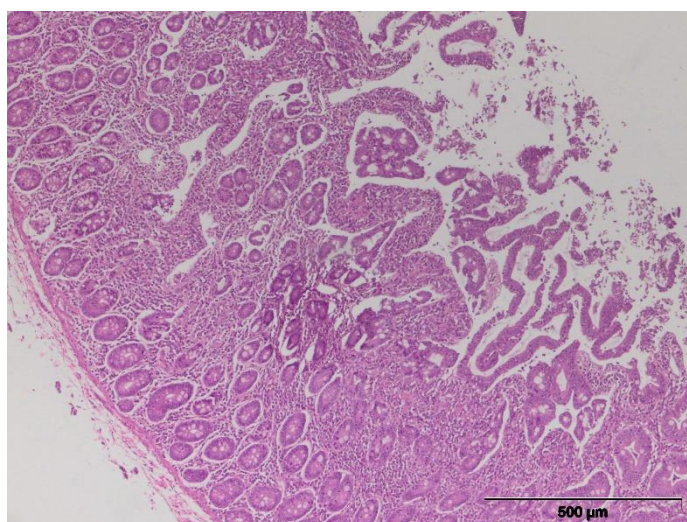
**5.5.** Jejunum kontrolne grupe prasadi



5.6. Jejunum O-I grupe prasadi



5.7. Jejunum O-II grupe prasadi



5.8. Jejunum O-III grupe prasadi

5.4.5. Morfometrijski parametri ileuma prasadi

Histološke karakteristike ispitivanih segmenata ileuma kontrolne i oglednih grupa prasadi prikazane su u tabelama 5.43-5.47. Prikazani rezultati ukazuju da se prosečna visina i širina crevnih resica, kao i dubina kripti u ileumu značajno menjaju pod uticajem primenjenih dodataka. Visina i širina crevnih resica u svim oglednim grupama prasadi bila je veća u poređenju sa kontrolnom grupom ($p < 0,01$), uz napomenu da je razlika na istom nivou značajnosti prisutna i između oglednih grupa O-II i O-III. Isti trend nastavio se i u prikazanim podacima o širini crevnih resica, gde je vrednost statistički značajno veća u oglednoj grupi prasadi O-III i od vrednosti u O-I grupi, kao i u O-II grupi ($p < 0,01$). Dubina kripti u ispitivanim segmentima ileuma bila je najmanja u trećoj oglednoj grupi u odnosu na sve ostale grupe prasadi u eksperimentu, a razlika je bila značajna sa stanovišta statističke analize ($p < 0,01$). Broj peharastih ćelija u ispitivanim segmentima ileuma nije se razlikovao u odnosu na primenjene nutritivne tretmane u ogledu. Odnos prosečnih visina resica i dubina kripti bila je najveća u oglednoj grupi prasadi O-III u odnosu na sve ostale grupe u eksperimentu, a nivo značajnosti pri statističkoj analizi bio je na nivou $p < 0,01$.

Tabela 5.43. Prosečna visina resica ileuma (μm) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	303,50 ^{ABC}	55,030	7,104	189,30	396,30	18,13
O-I	372,90 ^{Aa}	66,790	8,622	202,60	665,10	17,91
O-II	342,90 ^{BDa}	49,450	6,384	239,50	482,10	14,42
O-III	375,60 ^{CD}	41,050	5,299	299,30	473,80	10,93

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C, D} - $p < 0,01$; ^a - $p < 0,05$.

Tabela 5.44. Prosečna širina resica ileuma (μm) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	109,80 ^{ABC}	15,430	1,992	59,35	167,00	14,05
O-I	147,50 ^{ADE}	17,030	2,199	113,30	182,30	11,55
O-II	161,20 ^{BD}	19,840	2,562	124,60	197,80	12,31
O-III	158,30 ^{CE}	15,270	1,971	129,90	196,40	9,64

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C, D, E} - $p < 0,01$.

Tabela 5.45. Prosečna dubina kripti ileuma (μm) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	131,70 ^A	15,170	1,958	85,44	166,00	11,51
O-I	124,60 ^B	16,030	2,070	99,64	188,40	12,87
O-II	125,20 ^C	18,840	2,432	96,80	193,00	15,05
O-III	83,04 ^{ABC}	14,040	1,812	52,69	112,30	16,90

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C} - p<0,01.

Tabela 5.46. Prosečan broj peharastih ćelija na 100 enterocita u ileumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

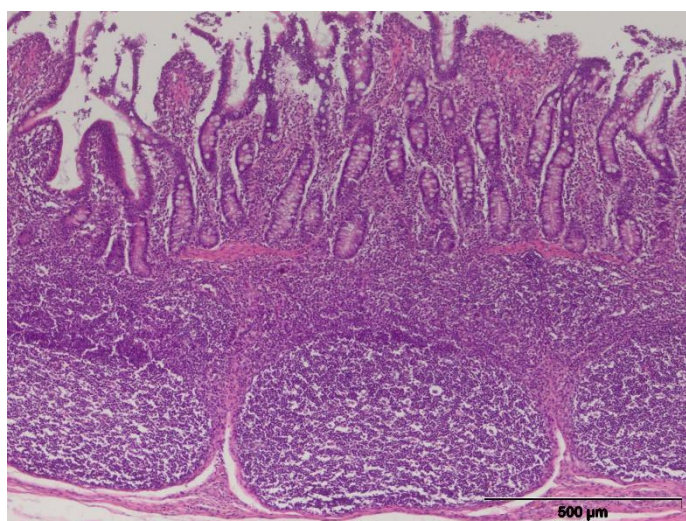
Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	31,50	6,411	2,617	24,00	41,00	20,35
O-I	34,50	6,285	2,566	27,00	42,00	18,22
O-II	36,17	6,969	2,845	28,00	46,00	19,27
O-III	38,00	6,419	2,620	29,00	48,00	16,89

Tabela 5.47. Odnos prosečnih visina resica i prosečnih dubina kripti ileuma kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

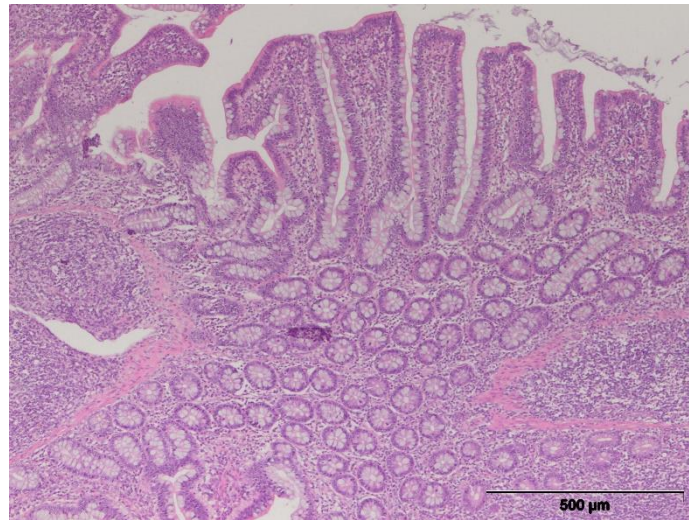
Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	2,32 ^{Aa}	0,334	0,136	1,92	2,77	14,430
O-I	3,00 ^{Ba}	0,176	0,072	2,82	3,30	5,866
O-II	2,76 ^C	0,269	0,110	2,38	3,07	9,768
O-III	4,58 ^{ABC}	0,603	0,246	3,66	5,18	13,150

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C} - p<0,01; ^a - p<0,05.

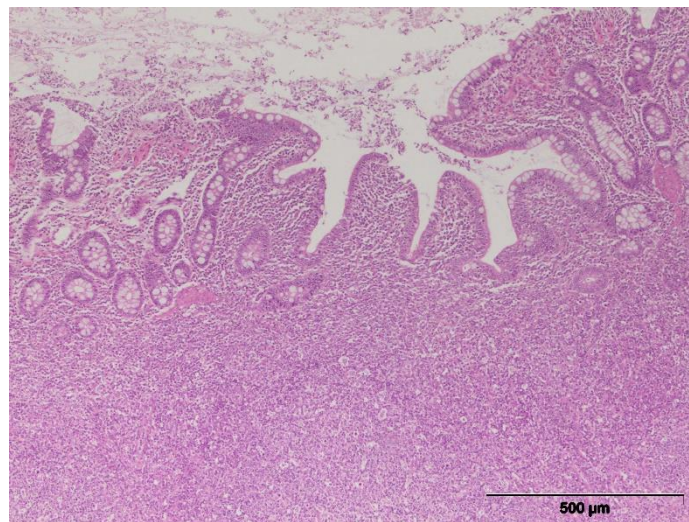
Na slikama 5.9-5.12 prikazan je histološki izgled ileuma kontrolne i oglednih grupa prasadi (hematoksilin eozin metoda).



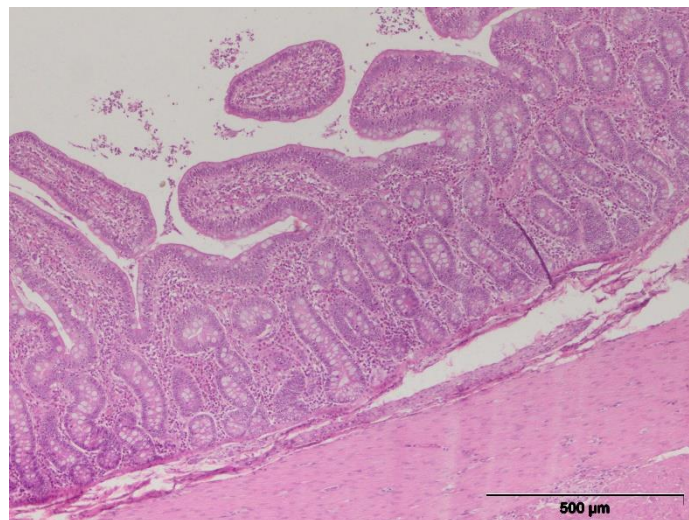
5.9. Ileum kontrolne grupe prasadi



5.10. Ileum O-I grupe prasadi



5.11. Ileum O-II grupe prasadi



5.12. Ileum O-III grupe prasadi

5.4.6. Morfometrijski parametri cekuma prasadi

Histološke karakteristike ispitivanih segmenata cekuma kontrolne i oglednih grupa prasadi prikazane su u tabelama 5.48-5.52. Prikazani podaci pokazuju da se prosečna visina i širina crevnih resica, kao i dubina kripti u cekumu značajno menjaju među različitim nutritivnim tretmanima. Visina i širina crevnih resica u svim oglednim grupama prasadi bila je veća u poređenju sa kontrolnom grupom ($p < 0,01$), s tim da je u analizi širine resica cekuma uočljiva veća vrednost kod oglednih grupa O-II i O-III u odnosu na oglednu grupu O-I, takođe sa statističkom značajnošću na nivou $p < 0,01$. Isti trend nastavio se i u analizi dubine kripti cekuma. Broj peharastih ćelija u ispitivanim segmentima nije se razlikovao u odnosu na primenjene nutritivne tretmane u ogledu, izuzev u slučaju ogledne grupe prasadi O-II, koja je ostvarila statistički značajno veću vrednost od kontrolne grupe ($p < 0,05$). Odnos prosečnih visina resica i dubina kripti bila je najveća u trećoj oglednoj grupi u odnosu na sve ostale grupe prasadi u eksperimentu, sa faktorom značajnosti na nivou $p < 0,01$.

Tabela 5.48. Prosečna visina resica cekuma (μm) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	169,30 ^A	19,360	2,499	112,90	214,90	11,43
O-I	177,90 ^B	30,100	3,886	13,21	219,70	16,92
O-II	178,60 ^C	29,050	3,719	108,30	258,10	16,26
O-III	219,00 ^{ABC}	34,700	4,480	130,30	332,30	15,84

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C} - $p < 0,01$.

Tabela 5.49. Prosečna širina resica cekuma (μm) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	64,68 ^{ABC}	11,090	1,431	39,48	88,55	17,14
O-I	89,96 ^{ADE}	13,390	1,728	64,06	135,20	14,88
O-II	99,92 ^{BD}	11,400	1,471	73,30	141,40	11,41
O-III	98,36 ^{CE}	10,610	1,370	67,70	114,60	10,79

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C, D, E} - $p < 0,01$.

Tabela 5.50. Prosečna dubina kripti cekuma (μm) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	140,70 ^{ABC}	19,860	2,563	102,00	185,30	14,11
O-I	118,80 ^{AD}	15,040	1,942	89,98	162,60	12,66
O-II	124,40 ^{BE}	19,740	2,548	93,75	171,60	15,87
O-III	75,46 ^{CDE}	12,610	1,628	53,93	103,40	16,71

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C, D, E} - $p < 0,01$.

Tabela 5.51. Prosečan broj peharastih ćelija na 100 enterocita u cekumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	24,50 ^a	5,541	2,262	18,00	31,00	22,62
O-I	26,50	4,593	1,875	21,00	33,00	17,33
O-II	32,83 ^a	6,178	2,522	26,00	41,00	18,82
O-III	31,33	3,011	1,229	28,00	35,00	9,61

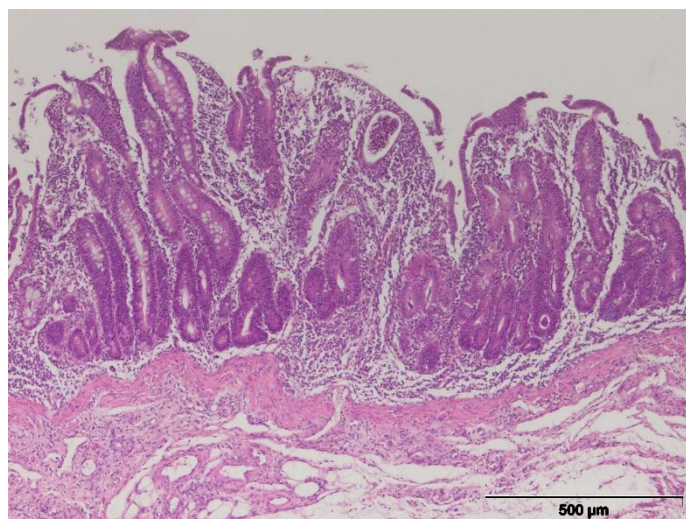
Legenda: Isto slovo u koloni ^a - p<0,05.

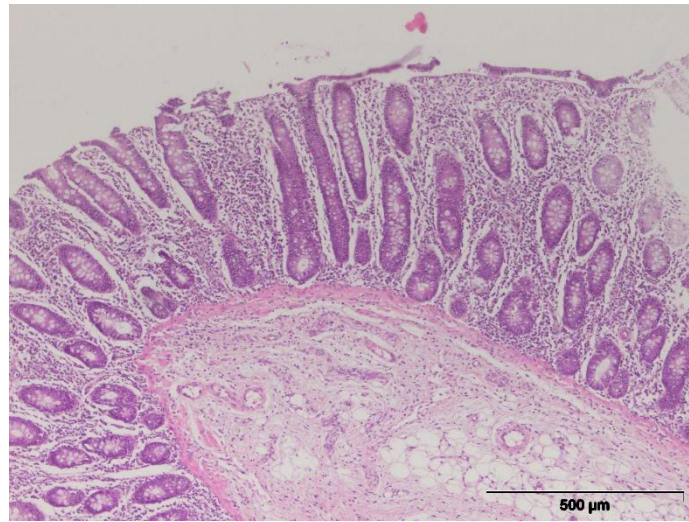
Tabela 5.52. Odnos prosečnih visina resica i prosečnih dubina kripti cekuma kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	1,21 ^A	0,131	0,053	1,03	1,37	10,83
O-I	1,51 ^B	0,219	0,089	1,24	1,88	14,50
O-II	1,44 ^C	0,158	0,065	1,21	1,65	10,95
O-III	2,91 ^{ABC}	0,223	0,091	2,57	3,15	7,656

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C} - p<0,01.

Na slikama 5.13-5.16 prikazan je histološki izgled cekuma kontrolne i oglednih grupa prasadi (hematoksilin eozin metoda).

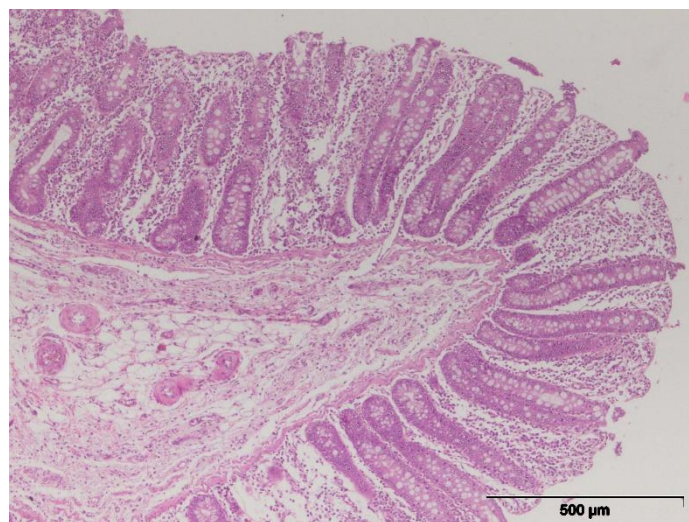
**5.13.** Cekum kontrolne grupe prasadi



5.14. Cecum O-I grupe prasadi



5.15. Cecum O-II grupe prasadi



5.16. Cecum O-III grupe prasadi

5.4.7. Prosečna masa organa prasadi

Rezultati dobijeni merenjem mase jetre, slezine i želuca prikazani su u tabelama 5.53, 5.54 i 5.55, retrospektivno. Prikazani podaci ukazuju da su razlike u masama organa među ispitivanim tretmanima minimalne i da ne postoje razlike sa stanovišta statističke analize.

Tabela 5.53. Prosečna masa jetre (g) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	637,50	47,67	19,46	570,00	704,00	7,48
O-I	643,30	52,61	21,48	543,00	695,00	8,18
O-II	648,80	71,25	29,09	546,00	725,00	10,98
O-III	672,00	58,73	23,98	602,00	762,00	8,74

Tabela 5.54. Prosečna masa slezine (g) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	49,50	9,834	4,015	38,00	63,00	19,87
O-I	53,67	7,581	3,095	43,00	63,00	14,13
O-II	46,83	6,432	2,626	41,00	56,00	13,73
O-III	47,00	7,239	2,955	40,00	59,00	15,40

Tabela 5.55. Prosečna masa želuca (g) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	984,30	121,6	49,64	794,00	1104,00	12,35
O-I	1059,00	115,1	46,98	924,00	1237,00	10,87
O-II	976,70	107,1	43,72	868,00	1084,00	10,97
O-III	953,00	102,0	41,65	868,00	1139,00	10,71

5.5. Elektrohemijska reakcija (pH vrednost) himusa

Prosečne vrednosti elektrohemijske reakcije himusa izmerene u želucu, duodenumu, jejunumu, ileumu, cekumu, kolonu i rektumu kontrolne i oglednih grupa prasadi prikazane su u tabelama 5.56-5.62. Porast pH vrednosti u himusu tankog creva od prednjih prema zadnjim segmentima zabeležen je u svim ispitivanim tretmanima. U himusu cekuma svih ispitivanih grupa prasadi dolazi do pada pH vrednosti, nakon čega vrednost opet raste idući prema rektumu. Razlike u pH vrednosti među grupama prasadi u eksperimentu uglavnom su numeričke, izuzev u slučaju jejunuma i kolona. Naime, statistički značajno manja pH vrednost u jejunumu u odnosu na kontrolnu grupu prasadi uočljiva je kod oglednih grupa O-II i O-III, koje su u smešama konzumirale

Dodatak protektirane benzoeve kiseline ($p < 0,01$). Isti statistički nivo značajnosti primećen je kod pomenutih grupa i u poređenju sa oglednom grupom prasadi O-I. Isti trend razlika prikazan je i u kolonu, gde su ogledne grupe prasadi O-II i O-III ostvarile niže pH vrednosti od kontrolne grupe i ogledne grupe prasadi O-I.

Tabela 5.56. Prosečna vrednost pH sadržaja želuca kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	4,99	0,815	0,333	4,09	6,28	16,33
O-I	4,60	0,765	0,312	3,67	5,94	16,65
O-II	4,21	0,613	0,250	3,52	4,80	14,59
O-III	4,24	0,899	0,367	2,57	4,92	21,20

Tabela 5.57. Prosečna vrednost pH crevnog sadržaja duodenuma kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	6,43	0,204	0,083	6,16	6,64	3,18
O-I	6,19	0,394	0,161	5,49	6,52	6,37
O-II	6,01	0,118	0,048	5,82	6,18	1,96
O-III	5,80	0,840	0,343	4,09	6,23	14,50

Tabela 5.58. Prosečna vrednost pH crevnog sadržaja jejunuma kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	6,46 ^{AB}	0,196	0,080	6,25	6,75	3,03
O-I	6,51 ^{CD}	0,040	0,016	6,46	6,56	0,61
O-II	6,00 ^{AC}	0,154	0,063	5,84	6,24	2,57
O-III	6,07 ^{BD}	0,282	0,115	5,81	6,60	4,65

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C, D} - $p < 0,01$.

Tabela 5.59. Prosečna vrednost pH crevnog sadržaja ileuma kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	6,62	0,114	0,047	6,49	6,78	1,73
O-I	6,49	0,308	0,126	6,00	6,92	4,75
O-II	6,43	0,269	0,110	6,12	6,72	4,18
O-III	6,37	0,208	0,085	6,09	6,70	3,26

Tabela 5.60. Prosečna vrednost pH crevnog sadržaja cekuma kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	5,82	0,188	0,077	5,60	6,13	3,23
O-I	5,85	0,251	0,102	5,57	6,25	4,28
O-II	5,35	2,527	1,032	0,20	6,53	47,28
O-III	5,35	2,345	0,958	0,60	6,62	43,84

Tabela 5.61. Prosečna vrednost pH crevnog sadržaja kolona kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	5,94 ^A	0,089	0,036	5,82	6,06	1,50
O-I	5,86 ^B	0,188	0,077	5,64	6,07	3,21
O-II	6,31 ^{Aa}	0,182	0,074	6,08	6,60	2,89
O-III	6,19 ^{Ba}	0,177	0,072	5,94	6,42	2,85

Legenda: Ista slova u koloni ^{A,B} - p<0,01; ^a - p<0,05.

Tabela 5.62. Prosečna vrednost pH crevnog sadržaja rektuma kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	6,20	0,321	0,131	5,85	6,60	5,19
O-I	6,15	0,186	0,076	5,92	6,45	3,02
O-II	6,39	0,217	0,089	6,06	6,67	3,40
O-III	6,42	0,274	0,112	6,11	6,86	4,27

5.6. Mikrobiološka ispitivanja

Rezultati mikrobioloških analiza koji se odnose na prosečan broj ispitivanih populacija bakterija u sadržaju duodenuma, jejunuma, ileuma i cekuma nalaze se u naredna četiri potpoglavlja. Prikazana je brojnost promene bakterijskih populacija kroz ispitivane segmente, ali i razlike kroz grupe prasadi u eksperimentu. U pojedinim segmentima creva, razlike u vrednostima među hranidbenim tretmanima bile su značajne sa stanovišta statističke analize.

5.6.1. Mikrobiološki parametri duodenuma prasadi

Rezultati mikrobioloških ispitivanja koja podrazumevaju prosečno brojno stanje prisutnih populacija bakterija u sadržaju duodenuma nalaze se u tabelama 5.63-5.68. Prosečan broj ukupnih aerobnih bakterija, *E. coli*, *C. perfingens* i *Lactobacilus* spp. numerički se menjao pod uticajem različitih nutritivnih tretmana, ali nisu detektovane statistički značajne razlike. Ipak, populacija roda

Enterococcus spp. bila je dominantna kod prasadi oglednih grupa O-II i O-III u poređenju sa kontrolnom grupom sa nivoima značajnosti $p < 0,01$ i $p < 0,05$, pojedinačno. Najveći ukupni broj anaerobnih bakterija zabeležen je u oglednoj grupi prasadi O-I, a vrednost je značajna sa stanovišta statističke analize u poređenju sa kontrolnom grupom ($p < 0,05$) i sa oglednom grupom O-II ($p < 0,01$).

Tabela 5.63. Prosečan ukupan broj aerobnih bakterija (log₁₀ cfu/g) u duodenumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	3,54	0,217	0,089	3,25	3,90	6,13
O-I	3,81	0,352	0,144	3,11	4,01	9,25
O-II	3,54	0,563	0,230	2,88	4,31	15,91
O-III	3,35	0,164	0,067	3,19	3,61	4,89

Tabela 5.64. Ukupan prosečan broj *E. coli* (log₁₀ cfu/g) u duodenumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	5,24	0,458	0,187	4,66	5,96	8,74
O-I	4,95	0,394	0,161	4,44	5,39	7,96
O-II	5,48	0,769	0,314	4,26	6,33	14,03
O-III	5,57	0,505	0,206	4,91	6,08	9,06

Tabela 5.65. Ukupan prosečan broj *Enterococcus* spp. (log₁₀ cfu/g) u duodenumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	2,74 ^A	0,382	0,156	2,10	3,10	13,93
O-I	2,51	0,137	0,056	2,32	2,67	5,45
O-II	2,10 ^{Aa}	0,311	0,127	1,80	2,51	14,83
O-III	2,65 ^a	0,351	0,143	2,20	2,93	13,25

Legenda: Ista slova u koloni ^A - $p < 0,01$; ^a - $p < 0,05$.

Tabela 5.66. Prosečan ukupan broj anaerobnih bakterija (log₁₀ cfu/g) u duodenumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	4,72 ^a	0,522	0,213	4,00	5,24	11,06
O-I	5,44 ^{Aa}	0,265	0,108	5,20	5,80	4,87
O-II	4,54 ^{Ab}	0,275	0,112	4,21	4,90	6,06
O-III	5,20 ^b	0,345	0,141	4,74	5,66	6,65

Legenda: Ista slova u koloni ^A - $p < 0,01$; ^{a,b} - $p < 0,05$.

Tabela 5.67. Ukupan prosečan broj *C. perfingens* (log10 cfu/g) u duodenumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	4,44	0,298	0,122	4,00	4,90	6,71
O-I	4,48	0,325	0,133	4,16	4,95	7,25
O-II	4,08	0,510	0,208	3,56	4,80	12,50
O-III	4,31	0,616	0,252	3,56	5,08	14,29

Tabela 5.68. Ukupan prosečan broj *Lactobacilus* spp. (log10 cfu/g) u duodenumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	4,58	0,296	0,121	4,12	5,03	6,47
O-I	4,56	0,547	0,223	3,86	5,18	11,99
O-II	5,13	0,462	0,189	4,56	5,76	9,01
O-III	5,13	0,594	0,243	4,37	5,93	11,58

5.6.2. Mikrobiološki parametri jejunuma prasadi

Rezultati mikrobioloških ispitivanja koji se odnose na determinisanje prisutne mikroflore i zastupljenost prisutnih populacija u sadržaju jejunuma nalaze se u tabelama 5.69-5.74. Prosečan broj *C. perfingens* i *Lactobacilus* spp. numerički se menjao pod uticajem različitih nutritivnih tretmana, ali nisu utvrđene statistički značajne razlike. Utvrđen je najveći ukupan broj aerobnih bakterija u kontrolnoj grupi prasadi, što je značajno sa stanovišta statističke analize u poređenju sa oglednom grupom O-I ($p < 0,01$), ali i u poređenju sa drugom oglednom grupom prasadi ($p < 0,05$). Ispitivani dodaci u hrani ostvarili su značajan uticaj na broj *E. coli* u sadržaju jejunuma oglednih grupa prasadi. Naime, prisustvo protektirane benzoeve kiseline u smešama ostvarilo je statistički značajno smanjenje broja *E. coli* u odnosu na ostale nutritivne tretmane ($p < 0,01$). Upotreba kombinacije ispitivanih dodataka u oglednoj grupi O-III uticala je na smanjenje broja bakterija iz roda *Enterococcus* spp. u poređenju sa drugim grupama prasadi u eksperimentu ($p < 0,01$). Ista grupa prasadi ostvarila je statistički značajno smanjenje ukupnog broja anaerobnih bakterija u odnosu na ogledne grupe O-I i O-II ($p < 0,01$), dok je razlika u odnosu na kontrolnu grupu bila samo numerička i nije bila statistički značajna ($p < 0,05$).

Tabela 5.69. Prosečan ukupan broj aerobnih bakterija (log₁₀ cfu/g) u jejunumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	5,32 ^A	0,304	0,124	5,02	5,89	5,72
O-I	4,36 ^{Aa}	0,325	0,133	3,98	4,72	7,46
O-II	5,21 ^a	0,461	0,188	4,72	5,95	8,86
O-III	4,69	0,578	0,236	3,96	5,35	12,32

Legenda: Ista slova u koloni ^A - p<0,01; ^a - p<0,05.

Tabela 5.70. Ukupan prosečan broj *E. coli* (log₁₀ cfu/g) u jejunumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	4,78 ^{ABa}	0,210	0,086	4,44	5,00	4,39
O-I	4,06 ^{Ca}	0,484	0,197	3,20	4,46	11,91
O-II	3,62 ^A	0,431	0,176	3,19	4,11	11,91
O-III	3,01 ^{BC}	0,344	0,141	2,56	3,59	11,45

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C} - p<0,01; ^a - p<0,05.

Tabela 5.71. Ukupan prosečan broj *Enterococcus* spp. (log₁₀ cfu/g) u jejunumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	3,85 ^A	0,290	0,119	3,39	4,16	7,54
O-I	3,80 ^B	0,414	0,169	3,12	4,17	10,91
O-II	3,75 ^C	0,156	0,064	3,55	3,93	4,17
O-III	3,12 ^{ABC}	0,219	0,089	2,86	3,46	7,03

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C} - p<0,01.

Tabela 5.72. Prosečan ukupan broj anaerobnih bakterija (log₁₀ cfu/g) u jejunumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	5,10	0,331	0,135	4,72	5,50	6,50
O-I	5,46 ^A	0,519	0,212	4,89	6,03	9,50
O-II	5,44 ^B	0,307	0,125	5,06	5,84	5,65
O-III	4,49 ^{AB}	0,314	0,128	4,07	4,81	6,99

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B} - p<0,01.

Tabela 5.73. Ukupan prosečan broj *C. perfingens* (log10 cfu/g) u jejunumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	4,39	0,361	0,147	4,00	4,99	8,23
O-I	4,62	0,305	0,124	4,18	4,86	6,60
O-II	4,26	0,288	0,118	3,96	4,56	6,77
O-III	4,21	0,211	0,086	4,00	4,46	5,01

Tabela 5.74. Ukupan prosečan broj *Lactobacilus* spp. (log10 cfu/g) u jejunumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	5,80	0,378	0,154	5,06	6,03	6,51
O-I	6,05	0,325	0,133	5,80	6,66	5,38
O-II	6,03	0,805	0,329	5,20	7,12	13,35
O-III	6,21	0,593	0,242	5,63	7,00	9,55

5.6.3. Mikrobiološki parametri ileuma prasadi

Rezultati mikrobioloških ispitivanja koja podrazumevaju prosečno brojno stanje prisutnih populacija bakterija u sadržaju ileuma nalaze se u tabelama 5.75-5.80. Prosečan broj populacije ukupnih anaerobnih bakterija i bakterija roda *Enterococcus* spp. numerički se menjao pod uticajem različitih nutritivnih tretmana, ali nisu ostvarene statistički značajne razlike ($p < 0,05$). Upotreba kombinacije ispitivanih dodataka u oglednoj grupi prasadi O-III uticala je na povećanje ukupnog broja aerobnih bakterija u poređenju sa drugim grupama prasadi u eksperimentu ($p < 0,01$), a najmanji broj zabeležen je u sadržaju ileuma prasadi ogledne grupe O-I. Prisustvo aditiva u smešama za ishranu prasadi u ogledu odrazilo se na broj *E. coli* u ileumu, pri čemu je najmanji broj ove bakterijske populacije zabeležen kod ogledne grupe O-III, što je u poređenju sa ostalim grupama prasadi u ogledu bilo statistički značajno na nivou $p < 0,01$. Rast *C. perfingens* u najvećoj meri je suprimiran kod ogledne grupe prasadi O-II u odnosu na kontrolnu i oglednu grupu O-III ($p < 0,01$), ali i u odnosu na oglednu grupu prasadi O-I ($p < 0,05$). Upoređujući populaciju roda *Lactobacilus* spp. po nutritivnim tretmanima, kod grupe prasadi (O-II) detektovan je najveći broj, sa nivoom značajnosti $p < 0,01$ u poređenju sa kontrolnom i oglednom grupom O-I, kao i nivoom značajnosti $p < 0,05$ u odnosu na vrednost u oglednoj grupi O-III.

Tabela 5.75. Prosečan ukupan broj aerobnih bakterija (log₁₀ cfu/g) u ileumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	9,47 ^{Aa}	0,845	0,345	8,66	10,57	8,92
O-I	8,35 ^{Bab}	0,404	0,165	7,88	8,74	4,83
O-II	9,71 ^{Cb}	0,678	0,277	9,04	10,57	6,99
O-III	12,67 ^{ABC}	0,653	0,267	12,00	13,80	5,16

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C} - p<0,01; ^{a, b} - p<0,05.

Tabela 5.76. Ukupan prosečan broj *E. coli* (log₁₀ cfu/g) u ileumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	6,33 ^{Aa}	0,423	0,173	5,95	6,90	6,69
O-I	5,68 ^{Ba}	0,253	0,103	5,39	5,96	4,44
O-II	5,96 ^C	0,465	0,190	5,31	6,60	7,80
O-III	4,93 ^{ABC}	0,237	0,097	4,56	5,20	4,81

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C} - p<0,01; ^a - p<0,05.

Tabela 5.77. Ukupan prosečan broj *Enterococcus* spp. (log₁₀ cfu/g) u ileumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	5,48	0,613	0,250	4,93	6,44	11,19
O-I	5,34	0,718	0,293	4,44	6,32	13,43
O-II	4,68	0,292	0,119	4,30	4,91	6,23
O-III	5,44	0,258	0,106	5,13	5,79	4,76

Tabela 5.78. Prosečan ukupan broj anaerobnih bakterija (log₁₀ cfu/g) u ileumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	7,40	0,683	0,279	6,26	8,01	9,22
O-I	7,44	1,286	0,525	5,96	8,90	17,29
O-II	7,29	0,120	0,049	7,13	7,40	1,64
O-III	7,27	0,750	0,306	6,26	8,29	10,31

Tabela 5.79. Ukupan prosečan broj *C. perfringens* (log10 cfu/g) u ileumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

G r u p a	\bar{X}	M e r e v a r i j a c i j e				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	7,96 ^A	0,471	0,192	7,35	8,80	5,91
O-I	7,37 ^a	0,755	0,308	6,26	8,15	10,24
O-II	6,27 ^{ABa}	0,584	0,238	5,96	7,44	9,31
O-III	7,55 ^B	0,287	0,117	7,09	7,99	3,80

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B} - p<0,01; ^a - p<0,05.

Tabela 5.80. Ukupan prosečan broj *Lactobacilus* spp. (log10 cfu/g) u ileumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

G r u p a	\bar{X}	M e r e v a r i j a c i j e				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	7,86 ^A	0,533	0,218	6,80	8,30	6,78
O-I	8,05 ^B	0,671	0,274	7,54	9,34	8,34
O-II	9,31 ^{ABa}	0,345	0,141	8,95	9,96	3,71
O-III	8,47 ^a	0,354	0,145	8,00	8,94	4,18

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B} - p<0,01; ^a - p<0,05.

5.6.4. Mikrobiološki parametri cekuma prasadi

Rezultati mikrobioloških ispitivanja koji se odnose na determinisanje prisutne mikroflore i njihovu zastupljenost u sadržaju cekuma nalaze se u tabelama 5.81-5.86. Prosečan broj bakterija *E. coli*, *Enterococcus* spp. i *C. perfringens* numerički se menjao pod uticajem različitih nutritivnih tretmana, ali nisu ostvarene statistički značajne razlike (p<0,01). U poređenju sa oglednim grupama prasadi, zastupljenost *E. coli* bila je najveća u kontrolnoj grupi. Takođe, detektovan je najveći ukupni broj aerobnih bakterija u kontrolnoj grupi prasadi, i to statistički značajno u poređenju sa oglednim grupama O-I i O-III (p<0,01). U cekumu prasadi ogledne grupe O-I suprimiran je rast aerobnih bakterija u najvećoj meri. Ukupan broj anaerobnih bakterija u sadržaju cekuma bio je najveći u oglednoj grupi sa dodatkom helatnih formi mikroelemenata, što je u poređenju za kontrolnom i oglednom grupom O-III bilo statistički značajno (p<0,05). Broj *Lactobacilus* spp. bio je najmanji u kontrolnoj grupi prasadi, a ustanovljen je statistički nivo značajnosti p<0,05 u poređenju sa oglednom grupom O-III, kao i statistički nivo značajnosti p<0,01 sa oglednom grupom O-II, koja je ujedno ostvarila i najveću vrednost.

Tabela 5.81. Prosečan ukupan broj aerobnih bakterija (log10 cfu/g) u cekumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	12,00 ^{AB}	0,634	0,259	11,00	13,00	5,28
O-I	7,94 ^{AC}	0,405	0,165	7,44	8,45	5,10
O-II	11,70 ^{CD}	0,672	0,274	11,00	12,92	5,74
O-III	8,31 ^{BD}	0,626	0,256	7,66	9,04	7,54

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C, D} - p<0,01.

Tabela 5.82. Ukupan prosečan broj *E. coli* (log10 cfu/g) u cekumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	7,26	0,612	0,250	6,50	7,98	8,43
O-I	6,35	0,919	0,375	5,52	7,55	14,47
O-II	6,14	0,428	0,175	5,78	6,88	6,97
O-III	6,28	0,485	0,198	5,91	7,17	7,72

Tabela 5.83. Ukupan prosečan broj *Enterococcus* spp. (log10 cfu/g) u cekumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	5,59	0,394	0,161	5,04	5,93	7,05
O-I	5,89	0,458	0,187	5,30	6,28	7,77
O-II	5,60	0,370	0,151	5,12	5,96	6,61
O-III	5,82	0,387	0,158	5,34	6,26	6,64

Tabela 5.84. Prosečan ukupan broj anaerobnih bakterija (log10 cfu/g) u cekumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

Grupa	\bar{x}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	9,20 ^a	1,076	0,439	8,06	11,24	11,69
O-I	10,59 ^{ab}	0,484	0,198	10,06	11,30	4,57
O-II	10,22	0,672	0,274	9,03	10,80	6,58
O-III	9,12 ^b	0,601	0,245	8,44	9,92	6,59

Legenda: Ista slova u koloni ^{a,b} - p<0,05.

Tabela 5.85. Ukupan prosečan broj *C. perfingens* (log10 cfu/g) u cekumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

G r u p a	\bar{x}	M e r e v a r i j a c i j e				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	7,98	0,631	0,258	7,21	8,82	7,91
O-I	7,84	0,423	0,173	7,04	8,19	5,39
O-II	7,88	0,444	0,181	7,00	8,20	5,63
O-III	7,91	0,449	0,183	7,01	8,19	5,68

Tabela 5.86. Ukupan prosečan broj *Lactobacilus* spp. (log10 cfu/g) u cekumu kontrolne i oglednih grupa prasadi (n=6)

G r u p a	\bar{x}	M e r e v a r i j a c i j e				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	7,92 ^{Aa}	0,468	0,191	7,26	8,37	5,91
O-I	8,70	0,742	0,303	7,74	9,60	8,53
O-II	9,08 ^A	0,501	0,205	8,59	9,87	5,52
O-III	8,82 ^a	0,390	0,159	8,28	9,18	4,42

Legenda: Ista slova u koloni ^A - p<0,01; ^a - p<0,05.

5.7. Hematološki i biohemijski parametri

Hematološki i biohemijski parametri ispitivanih uzoraka krvi i seruma kontrolne i oglednih grupa prasadi nalaze se u naredna dva potpoglavlja.

5.7.1. Hematološki parametri

Rezultati hematoloških parametara ispitivanih uzoraka krvi kontrolne i oglednih grupa prasadi nalaze se u tabelama 5.87-5.96. Prikazani podaci pokazuju da se vrednosti hematoloških parametara ne menjaju značajno pod uticajem primenjenih nutritivnih tretmana. Naime, detektovane razlike u broju leukocita, hemoglobina, hematokrita, MCV, MCH, MCHC, MPV bile su minimalne i nisu bile značajne sa stanovišta statističke analize podataka. Zabeležen je najmanji broj eritrocita u oglednoj grupi prasadi O-III, što je u poređenju sa brojem eritrocita ogledne grupe O-II bilo statistički značajno (p<0,05). Najveća vrednost indeksa anizocitoze - RDW CV detektovana je u oglednoj grupi prasadi sa dodatkom protektirane benzoeve kiseline, a statistički značajne razlike pronađene su u poređenju sa vrednostima izmerenim u oglednim grupama K i O-III na nivou značajnosti p<0,05. Razlike u parametru punjenosti trombocita nisu pronađene, ali je najmanji broj trombocita utvrđen u oglednoj grupi prasadi O-II, što je u poređenju sa oglednom grupom O-I bilo statistički značajno na nivou p<0,01, a u odnosu na kontrolnu grupu na nivou p<0,05.

Tabela 5.87. Prosečan broj leukocita ($\times 10^9/L$) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	14,58	4,882	1,993	10,50	20,90	33,48
O-I	15,62	3,378	1,379	11,10	19,70	21,63
O-II	12,75	1,674	0,684	10,60	14,80	13,13
O-III	15,87	2,955	1,207	13,60	19,90	18,63

Tabela 5.88. Prosečan broj eritrocita ($\times 10^{12}/L$) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	5,29	0,146	0,060	5,08	5,46	2,76
O-I	5,35	0,423	0,173	4,99	6,05	7,90
O-II	5,69 ^a	0,265	0,108	5,23	5,98	4,67
O-III	5,08 ^a	0,322	0,131	4,47	5,34	6,32

Legenda: Isto slovo u koloni ^a - $p < 0,05$.

Tabela 5.89. Prosečna vrednost hemoglobina (g/dL) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	11,28	0,512	0,209	10,80	12,10	4,53
O-I	11,05	0,267	0,109	10,60	11,40	2,41
O-II	11,45	0,561	0,229	10,60	11,90	4,90
O-III	10,93	0,864	0,353	9,80	11,80	7,90

Tabela 5.90. Prosečna vrednost hematokrita (%) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	30,72	1,267	0,517	29,10	32,20	4,13
O-I	30,02	1,025	0,418	28,30	31,50	3,41
O-II	31,47	2,832	1,156	27,60	33,90	9,00
O-III	30,10	2,516	1,027	26,60	33,10	8,36

Tabela 5.91. Prosečna vrednost MCV (engl. *Mean cell volume*) kontrolne i oglednih grupa prasadi, fL (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	58,13	0,985	0,402	57,10	59,70	1,70
O-I	56,50	5,326	2,174	49,50	60,60	9,43
O-II	55,32	3,041	1,242	51,80	58,70	5,50
O-III	58,72	2,963	1,210	54,90	62,10	5,05

Tabela 5.92. Prosečna vrednost MCH (engl. *Mean cell hemoglobin*) kontrolne i oglednih grupa prasadi, pg (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	21,25	0,543	0,222	20,60	22,10	2,56
O-I	20,72	1,685	0,688	18,50	22,00	8,13
O-II	20,08	0,656	0,268	19,10	20,80	3,26
O-III	21,23	1,086	0,443	19,80	22,90	5,11

Tabela 5.93. Prosečna vrednost MCHC (engl. *Mean cell hemoglobin concentration*) kontrolne i oglednih grupa prasadi, g/dL (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	36,70	0,597	0,244	36,10	37,60	1,63
O-I	36,77	0,524	0,214	36,10	37,40	1,43
O-II	36,47	1,752	0,715	34,90	39,40	4,81
O-III	35,95	0,985	0,402	34,20	36,90	2,74

Tabela 5.94. Prosečna vrednost indeksa anizocitoze - RDW CV (engl. *Red blood cell distribution width*) kontrolne i oglednih grupa prasadi, % (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	17,63 ^a	0,731	0,299	16,90	18,60	4,15
O-I	17,92	1,085	0,443	16,70	19,70	6,06
O-II	20,27 ^{ab}	2,671	1,090	17,20	23,80	13,18
O-III	17,30 ^b	0,310	0,127	17,00	17,90	1,79

Legenda: Ista slova u koloni ^{a, b} - p<0,05.

Tabela 5.95. Prosečna vrednost broja trombocita (x 10⁹/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	208,80 ^a	14,220	5,805	182,00	221,00	6,81
O-I	215,20 ^A	14,260	5,822	189,00	229,00	6,63
O-II	168,30 ^{Aa}	27,350	11,160	134,00	209,00	16,25
O-III	190,50	25,850	10,550	163,00	225,00	13,57

Legenda: Ista slova u koloni ^A - p<0,01; ^a - p<0,05.

Tabela 5.96. Prosečna vrednost MPV (engl. *Mean platelet volume*) kontrolne i oglednih grupa prasadi, fL (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	11,07	0,398	0,163	10,60	11,80	3,60
O-I	11,10	0,775	0,316	10,10	12,20	6,98
O-II	10,38	1,132	0,462	9,20	12,30	10,90
O-III	11,22	0,634	0,259	10,10	11,80	5,65

5.7.2. Biohemijski parametri

Rezultati biohemijskih parametara ispitivanih uzoraka seruma kontrolne i oglednih grupa prasadi nalaze se u tabelama 5.97-5.116. Prikazani podaci biohemijskih parametara ukazuju da se vrednosti ne menjaju značajno pod uticajem primenjenih nutritivnih tretmana. Naime, detektovane razlike u koncentraciji glukoze, albumina, globulina, uree, ukupnog bilirubina, direktnog bilirubina, ukupnog holesterola, kreatin kinaze – CK, alanin aminotransferaze – ALT, alkalne fosfataze – ALP, laktat dehidrogenaze – LDH, imunoglobulina A – IgA, imunoglobulina G – IgG i transferina bile su minimalne i nisu bile značajne sa stanovišta statističke analize podataka. Zabeležena je najveća koncentracija kreatinina u oglednoj grupi prasadi O-III, a razlika u odnosu na ostale grupe prasadi u eksperimentu bila je na nivou značajnosti ($p < 0,01$). U serumu kontrolne grupe prasadi detektovana je najmanja vrednost koncentracije triglicerida, a najveća u serumu ogledne grupe O-III, pri čemu je razlika izražena nivoom značajnosti $p < 0,01$. Najmanja vrednost mokraćne kiseline zabeležena je u trećoj oglednoj grupi, a razlika sa vrednošću u oglednoj grupi O-II opisana je sa značajnošću na nivou $p < 0,05$. Koncentracija ukupnih proteina kod ogledne grupe prasadi O-III bila je statistički značajno ($p < 0,05$) veća u poređenju sa koncentracijom kod kontrolne grupe. Parametar na elektroforezi, proteini velike molekulske mase - HMW, značajno se menjao kroz različite nutritivne tretmane. Najveća koncentracija detektovana je u oglednoj grupi prasadi O-III, što je vrednost statistički značajno veća u poređenju sa kontrolnom grupom ($p < 0,01$), ali i sa ostalim oglednim grupama ($p < 0,05$).

Tabela 5.97. Prosečna vrednost glukoze (mmol/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	5,05	0,362	0,148	4,69	5,69	7,16
O-I	4,90	0,670	0,273	4,17	5,86	13,67
O-II	5,11	0,431	0,176	4,65	5,64	8,44
O-III	4,60	0,378	0,154	4,12	5,19	8,20

Tabela 5.98. Prosečna vrednost albumina (g/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	28,98	5,173	2,112	23,90	36,70	17,85
O-I	31,23	2,968	1,212	28,70	35,60	9,50
O-II	29,10	3,029	1,237	24,70	32,20	10,41
O-III	29,32	4,491	1,833	22,70	34,10	15,32

Tabela 5.99. Prosečna vrednost globulina (g/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	18,98	3,932	1,605	13,80	23,70	20,71
O-I	17,18	1,649	0,673	14,90	19,40	9,59
O-II	18,58	1,640	0,670	16,40	20,50	8,83
O-III	19,93	1,965	0,802	16,90	23,00	9,86

Tabela 5.100. Prosečna vrednost kreatinina (μmol/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	61,97 ^A	4,701	1,919	55,00	67,80	7,59
O-I	62,03 ^B	3,893	1,589	57,80	67,20	6,28
O-II	58,70 ^C	8,248	3,367	47,80	68,00	14,05
O-III	96,27 ^{ABC}	2,836	1,158	92,50	100,30	2,95

Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C} - p<0,01.

Tabela 5.101. Prosečna vrednost uree (μmol/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	2,28	0,958	0,391	1,37	3,75	41,97
O-I	1,49	0,277	0,113	1,19	1,90	18,56
O-II	2,28	0,371	0,151	1,86	2,85	16,29
O-III	2,20	0,686	0,280	1,48	3,37	31,21

Tabela 5.102. Prosečna vrednost ukupnog bilirubina (μmol/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	3,09	1,628	0,665	1,11	5,32	52,74
O-I	2,25	1,570	0,641	0,58	4,87	69,80
O-II	1,22	0,842	0,344	0,29	2,36	68,88
O-III	1,14	0,371	0,152	0,69	1,65	32,67

Tabela 5.103. Prosečna vrednost direktnog bilirubina ($\mu\text{mol/L}$) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	0,94	0,462	1,189	0,42	1,75	48,76
O-I	0,85	0,419	0,171	0,43	1,56	49,26
O-II	0,43	0,247	0,101	0,15	0,76	58,16
O-III	0,31	0,056	0,023	0,25	0,41	17,90

Tabela 5.104. Prosečna vrednost triglicerida (mmol/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	0,46 ^A	0,084	0,034	0,35	0,57	18,33
O-I	0,58	0,137	0,056	0,44	0,76	23,64
O-II	0,60	0,111	0,045	0,48	0,76	18,47
O-III	0,72 ^A	0,154	0,063	0,52	0,91	21,54

Legenda: Ista slova u koloni ^A - $p < 0,01$.

Tabela 5.105. Prosečna vrednost ukupnog holesterola (mmol/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	2,42	0,223	0,091	2,13	2,76	9,22
O-I	2,37	0,491	0,201	2,02	3,04	20,74
O-II	1,98	0,161	0,066	1,81	2,19	8,09
O-III	2,08	0,326	0,133	1,58	2,36	15,66

Tabela 5.106. Prosečna vrednost kreatin kinaze - CK (U/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	870,20	351,400	143,500	498,90	1319,00	40,38
O-I	1029,00	272,200	111,100	747,30	1415,00	26,44
O-II	988,70	203,500	83,090	706,50	1168,00	20,58
O-III	1085,00	576,300	235,300	480,30	2009,00	53,13

Tabela 5.107. Prosečna vrednost alanin aminotrasferaze - ALT (U/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	51,30	22,180	9,056	43,30	59,30	15,81
O-I	55,63	3,863	1,577	50,40	58,90	6,94
O-II	47,95	1,566	0,639	45,50	49,80	3,27
O-III	48,25	24,850	10,140	42,20	54,30	8,76

Tabela 5.108. Prosečna vrednost alkalne fosfataze - ALP (U/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	265,80	112,100	45,750	176,80	427,40	42,16
O-I	256,00	67,710	27,640	192,90	342,80	26,45
O-II	238,30	45,640	18,630	197,70	301,80	19,15
O-III	186,00	23,180	9,463	157,50	217,00	12,46

Tabela 5.109. Prosečna vrednost aspartat aminotrasferaze – AST (U/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	36,15 ^A	8,505	3,472	27,50	47,10	23,53
O-I	47,03	7,689	3,139	35,50	54,60	16,35
O-II	47,95	10,170	4,153	34,40	56,30	21,21
O-III	58,20 ^A	13,970	5,705	40,30	74,00	24,01

Legenda: Isto slovo u koloni ^A - p<0,01.

Tabela 5.110. Prosečna vrednost laktat dehidrogenaze - LDH (U/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	1454,00	135,000	55,130	1279,00	1596,00	9,29
O-I	1474,00	91,050	37,170	1370,00	1579,00	6,18
O-II	1444,00	162,600	66,400	1202,00	1615,00	11,3
O-III	1627,00	250,500	102,300	1351,00	1921,00	15,39

Tabela 5.111. Prosečna vrednost mokraćne kiseline ($\mu\text{mol/L}$) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	41,05	11,600	4,738	28,69	61,17	28,27
O-I	38,18	12,660	5,170	21,53	57,11	33,17
O-II	43,92 ^a	20,170	8,236	15,84	62,03	45,93
O-III	21,14 ^a	7,093	2,896	14,80	34,29	33,56

Legenda: Isto slovo u koloni ^a - $p < 0,05$.

Tabela 5.112. Prosečna vrednost ukupnih proteina (g/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi na elektroforezi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	55,17 ^a	2,787	1,138	53,00	60,00	5,05
O-I	59,33	6,022	2,459	52,00	67,00	10,15
O-II	56,83	2,401	0,980	54,00	59,00	4,23
O-III	63,17 ^a	4,622	1,887	59,00	70,00	7,32

Legenda: Isto slovo u koloni ^a - $p < 0,05$.

Tabela 5.113. Prosečna vrednost proteina velike molekulske mase - HMW (engl. High molecular weight proteins) kontrolne i oglednih grupa prasadi na elektroforezi, g/L (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	4,60 ^A	0,687	0,281	3,60	5,70	14,94
O-I	5,40 ^a	0,400	0,163	4,90	6,10	7,41
O-II	5,20 ^b	1,483	0,606	3,80	7,10	28,52
O-III	7,13 ^{Aab}	1,253	0,512	5,70	9,10	17,57

Legenda: Ista slova u koloni ^A - $p < 0,01$; ^{a, b} - $p < 0,05$.

Tabela 5.114. Prosečna vrednost imunoglobulina A - IgA (g/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi na elektroforezi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X_{\min}	X_{\max}	C_v (%)
K	1,35	0,948	0,387	0,60	3,20	70,23
O-I	1,58	0,995	0,406	0,90	3,50	62,83
O-II	0,78	0,496	0,202	0,30	1,40	63,27
O-III	1,30	0,341	0,139	0,90	1,90	26,20

Tabela 5.115. Prosečna vrednost imunoglobulina G - IgG (g/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi na elektroforezi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	5,68	1,867	0,762	2,70	8,30	32,85
O-I	7,25	3,057	1,248	3,80	12,80	42,17
O-II	6,73	0,999	0,408	5,80	8,60	14,84
O-III	9,43	2,933	1,197	5,40	12,20	31,09

Tabela 5.116. Prosečna vrednost transferina (g/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi na elektroforezi (n = 6)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	9,82	0,739	0,302	8,80	10,90	7,52
O-I	11,02	1,871	0,764	8,60	14,10	16,99
O-II	10,47	0,907	0,370	9,00	11,30	8,67
O-III	9,67	1,157	0,472	7,90	11,10	11,97

5.8. "Fecal" skor

Rezultati "Fecal" skora kontrolne i oglednih grupa prasadi prikazani su u tabeli 5.117. Najveću vrednost "Fecal" skora ostvarila je kontrolna grupa prasadi, što je sa stanovišta statističke analize podataka značajno u poređenju sa ostvarenom vrednošću ogledne grupe O-II ($p < 0,01$), ali i u poređenju sa oglednom grupom O-III, na nivou značajnosti $p < 0,05$.

Tabela 5.117. Prosečne vrednosti "Fecal" skora kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 24)

Grupa	\bar{X}	Mere varijacije				
		Sd	Se	X _{min}	X _{max}	C _v (%)
K	2,20 ^{Aa}	0,131	0,027	2,05	2,60	5,94
O-I	2,15	0,063	0,013	2,02	2,24	2,93
O-II	2,13 ^A	0,045	0,010	2,05	2,24	2,30
O-III	2,14 ^a	0,041	0,008	2,07	2,21	1,93

Legenda: Ista slova u koloni ^A - $p < 0,01$; ^a - $p < 0,05$.

5.9. Korelaciona zavisnost između telesne mase prasadi i morfometrijskih parametara pojedinih segmenata creva

Korelaciona zavisnost i značajnost razlika između završne telesne mase kontrolne i oglednih grupa prasadi i histomorfometrijskih parametara pojedinih segmenata creva prikazana je u tabeli 5.118. Između završne telesne mase prasadi i visine resica duodenuma utvrđena je slaba pozitivna statistički značajna ($p < 0,05$) korelaciona zavisnost ($r = 0,457$). Takođe, između završne telesne mase prasadi i visine resica ileuma utvrđena je statistički značajna ($p < 0,05$) slaba pozitivna

korelaciona zavisnost ($r = 0,440$). Između završne telesne mase prasadi i visine resica jejunuma i cekuma utvrđeno je da postoji slaba pozitivna korelaciona zavisnost ($r = 0,124, 0,155$, pojedinačno), koja nije bila značajna sa stanovišta statističke analize.

Srednja pozitivna statistički značajna ($p < 0,01$) korelaciona zavisnost utvrđena je između završne telesne mase prasadi i širine resica ileuma ($r = 0,603$), odnosno cekuma ($r = 0,526$), dok je utvrđena slaba pozitivna statistički značajna ($p < 0,05$) korelaciona zavisnost ($r = 0,500$) između završne telesne mase prasadi i širine resica jejunuma. Između širine resica duodenuma i završne mase prasadi utvrđena je slaba pozitivna korelaciona zavisnost ($r = 0,296$) koja nije bila statistički značajna.

Između završne mase prasadi i dubine kriпти jejunuma utvrđena je slaba pozitivna korelaciona zavisnost ($r = 0,435$) koja je bila statistički značajna ($p < 0,05$). Za sve ostale segmente creva (duodenum, ileum, cekum) utvrđena je slaba negativna korelaciona zavisnost ($r = -0,334$; $r = -0,247$; $r = -0,197$, pojedinačno) između dubine kriпти i završne telesne mase prasadi koja nije bila statistički značajna.

Utvrđena je statistički značajna ($p < 0,01$) srednja pozitivna korelaciona zavisnost ($r = 0,615$) između završne telesne mase prasadi i odnosa visine resica i dubine kriпти cekuma. Slaba pozitivna korelaciona zavisnost utvrđena je između završne mase prasadi i odnosa visine resica i dubine kriпти duodenuma ($r = 0,400$), jejunuma ($r = 0,304$) i ileuma ($r = 0,306$), koja nije bila značajna sa stanovišta statističke analize.

Tabela 5.118. Korelaciona zavisnost i značajnost razlika između završne mase prasadi u tovu i histomorfometrijskih parametara pojedinih segmenata creva

Histomorfometrijski parametar	Segment creva	Koeficijent korelacije (r)	Tumačenje korelacione zavisnosti*	Značajnost razlike
Visina crevnih resica	Duodenum	0,457	Slaba	p<0,05
	Jejunum	0,124	Slaba	ns
	Ileum	0,440	Slaba	p<0,05
	Cekum	0,155	Slaba	ns
Širina crevnih resica	Duodenum	0,296	Slaba	ns
	Jejunum	0,500	Slaba	p<0,05
	Ileum	0,603	Srednja	p<0,01
	Cekum	0,526	Srednja	p<0,01
Dubina crevnih kripti	Duodenum	-0,334	Slaba	ns
	Jejunum	0,435	Slaba	p<0,05
	Ileum	-0,247	Slaba	ns
	Cekum	-0,197	Slaba	ns
Odnos visina resica/dubina kripti	Duodenum	0,400	Slaba	ns
	Jejunum	0,304	Slaba	ns
	Ileum	0,306	Slaba	ns
	Cekum	0,615	Srednja	p<0,01

Legenda: ns - nema statistički značajne

* Izvor: Mirilović, 2013.

5.10. Ispitivanje ekonomske isplativosti proizvodnje

Cena koštanja starter smeše za ishranu kontrolne grupe prasadi iznosila je 51,02 RSD/kg, O-I ogledne grupe 51,13 RSD/kg, O-II grupe 52,39 RSD/kg, a O-III grupe prasadi 52,50 RSD/kg. Na osnovu konzumacije i cene koštanja 1 kg startera, izračunati su troškovi utrošene smeše tokom prve faze ogleda. Troškovi utrošene starter smeše za ishranu kontrolne grupe prasadi iznosili su 13 223,35 RSD, O-I ogledne grupe 13 552,52 RSD, O-II grupe 13 281,12 RSD, a O-III grupe prasadi 14 043,69 RSD (tabela 5.119.).

Cena koštanja grover smeše za ishranu kontrolne grupe prasadi iznosila je 38,02 RSD/kg, O-I ogledne grupe 38,11 RSD/kg, O-II grupe 39,40 RSD/kg, a O-III grupe prasadi 39,49 RSD/kg. Na osnovu konzumacije i cene koštanja 1 kg grovera, izračunati su troškovi utrošene smeše tokom druge faze ogleda. Troškovi utrošene grover smeše za ishranu kontrolne grupe prasadi iznosili su 23 223,23 RSD, O-I ogledne grupe 23 712,82 RSD, O-II grupe 23 968,53 RSD, a O-III grupe prasadi 24 473,58 RSD (tabela 5.120.).

U tabeli 5.121 prikazani su pokazatelji ekonomske isplativosti odgoja kontrolne i oglednih grupa prasadi. Najveći ukupni troškovi proizvodnje izračunati su za ishranu ogledne grupe prasadi O-III (302 709,79 RSD), a zatim O-I grupu (300 594,28 RSD), O-II grupu (298 977,88 RSD), dok su ukupni troškovi za ishranu K grupe prasadi bili najmanji (297 045,20 RSD). Vrednost

proizvodnje za oglednu grupu prasadi O-III bila je 360 096,00 RSD, O-I oglednu grupu 350 856,00 RSD, O-II grupu 340 296,00 RSD, a kontrolnu grupu prasadi 330 792,00 RSD. Finansijski rezultat kod kontrolne grupe prasadi bio je 33 746,80 RSD, O-I grupe 50 261,72 RSD, O-II ogledne grupe 41 318,12 RSD i O-III grupe prasadi 57 386,21 RSD. Cena koštanja proizvodnje žive mase kontrolne grupe prasadi iznosila je 493,89 RSD/kg, O-I grupe 471,21 RSD/kg, O-II ogledne grupe 483,22 RSD/kg i O-III grupe prasadi 462,35 RSD/kg. Koeficijent ekonomičnosti za uzgoj kontrolne grupe prasadi iznosio je 1,11, dok je za ostale grupe bio 1,17; 1,14; 1,19 (O-I grupa; O-II grupa; O-III grupa, pojedinačno).

5.119. Struktura cene koštanja startera za ishranu kontrolne i oglednih grupa prasadi

Hranivo	Cena hraniva, RSD/kg	K		O-I		O-II		O-III	
		%	RSD	%	RSD	%	RSD	%	RSD
Kukuruz	17,30	45,00	7,78	45,00	7,785	45,00	7,785	45,00	7,78
Ječam	16,70	10,00	1,67	10,00	1,67	10,00	1,67	10,00	1,67
Sojina sačma	60,80	12,00	7,30	12,00	7,296	12,00	7,296	12,00	7,30
Sojin griz	55,50	23,00	12,76	23,00	12,765	23,00	12,765	23,00	12,76
Vit-min premijs	215,00	10,00	21,50	-	-	10,00	21,5	-	-
Vit-min premix bez Cu, Mn, Zn	214,94	-	-	9,97	21,430	-	-	9,97	21,430
Helatna forma Cu	843,84	-	-	0,013	0,110	-	-	0,013	0,110
Helatna forma Mn	556,70	-	-	0,006	0,033	-	-	0,006	0,033
Helatna forma Zn	673,90	-	-	0,006	0,040	-	-	0,006	0,040
Protektirana benzoeva kiselina	550,00	-	-	-	-	0,25	1,37	0,25	1,37
Cena hrane	-	100	51,02	100	51,13	100,25	52,39	100,25	52,50
Troškovi hrane	-	-	13223,35	-	13522,52	-	13281,12	-	14043,69

5.120. Struktura cene koštanja grovera za ishranu kontrolne i oglednih grupa prasadi

Hranivo	Cena hraniva, RSD/kg	K		O-I		O-II		O-III	
		%	RSD	%	RSD	%	RSD	%	RSD
Kukuruz	17,3	57	9,861	57	9,861	57	9,861	57	9,861
Ječam	16,7	10	1,67	10	1,67	10	1,67	10	1,67
Sojina sačma	60,8	15	9,12	15	9,12	15	9,12	15	9,12
Sojin griz	55,5	14	7,77	14	7,77	14	7,77	14	7,77
Vit-min premiks	240	4	9,6	-	-	4	9,6	-	-
Vit-min premix bez Cu, Mn, Zn	239,956	-	-	3,98	9,550	-	-	3,98	9,550
Helatna forma Cu	843,84	-	-	0,008	0,067	-	-	0,008	0,067
Helatna forma Mn	556,7	-	-	0,006	0,033	-	-	0,006	0,033
Helatna forma Zn	673,9	-	-	0,006	0,040	-	-	0,006	0,040
Protektirana benzoeva kiselina	550	-	-	-	-	0,25	1,375	0,25	1,375
Cena hrane	-	100	38,02	100	38,11	100,25	39,40	100,25	39,49
Troškovi hrane	-	-	23223,23	-	23712,82	-	23968,53	-	24473,58

5.121. Pokazatelji ekonomske isplativosti odgoja kontrolne i oglednih grupa prasadi

Rezultat	Grupa							
	K		O-I		O-II		O-III	
	RSD	indeks	RSD	indeks	RSD	indeks	RSD	indeks
Ukupni troškovi	297045,20	100	300594,28	101,19	298977,88	100,65	302709,79	101,91
Vrednost proizvodnje	330792	100	350856	106,06	340296	102,87	360096	108,86
Finansijski rezultat	33746,80	100	50261,72	148,94	41318,12	122,44	57386,21	170,05
Cena koštanja/kg	493,89	100	471,21	95,41	483,22	97,84	462,35	93,61
Koeficijent ekonomičnosti	1,11	100	1,17	104,81	1,14	102,21	1,19	106,82

6. DISKUSIJA

U cilju bolje preglednosti i razumevanja poglavlje diskusija podeljeno je na potpoglavlja prema postavljenom cilju i zadacima istraživanja. Zadatak istraživanja odnosio se na ispitivanje opravdanosti i efekata upotrebe protektirane benzoeve kiseline i helatnih formi mikroelemenata (Cu, Mn, Zn) u ishrani na zdravstveni status, proizvodne performanse, histološke karakteristike pojedinih segmenata digestivnog trakta, pH vrednost u digestivnom traktu, mikrobiotu pojedinih segmenata creva, hematološke i biohemijske parametre u krvi, "Fecal" skor, kao i ekonomsku isplativost proizvodnje prasadi. Dobijeni rezultati kontrolne i oglednih grupa poređeni su međusobno, kao i u odnosu na literaturne podatke.

6.1. Hemijski sastav smeša

Smeše korišćene u sprovedenom eksperimentu formulisane su upotrebom standardnih hraniva u kvantitativnom odnosu koji je uobičajen u ishrani prasadi na našem podneblju, bazirane na kukuruzu kao osnovnom energetsom hranivu i proizvodima od soje kao osnovnim proteinskim hranivima. Rezultati hemijske analize smeša za ishranu kontrolne i oglednih grupa prasadi u skladu su sa tehnološkim i zakonskim normativima (Pravilnik o kvalitetu hrane za životinje, 2010), a sadržaj hranljivih materija u potpunosti je zadovoljavao potrebe prasadi u različitim fazama odgoja (NRC, 2012). Tokom trajanja ogleda, potpuna smeša za ishranu prasadi starter korišćena je od 1. do 21. dana nakon odlučnja, a od 21. do 42. dana ogleda korišćena je potpuna smeša za ishranu prasadi grover.

Osnovni hemijski sastav smeša za ishranu oglednih grupa nije se značajno razlikovao od smeša za ishranu kontrolne grupe prasadi. Smeše koje su korišćene za ishranu životinja u oglednim grupama modulirane su prema planu i ciljevima istraživanja. U potpunoj smeši za ishranu prve ogledne grupe prasadi (O-I) promenjen je izvor mikroelemenata Cu, Mn i Zn iz neorganskog u helatni, vezan za metionin, prema konceptu "smanjenje i zamena" (engl. *reduce and replace*), što podrazumeva potpunu zamenu neorganskog dela mikroelementa organskim u dozama koje preporučuje proizvođač. Uključivanje helatnih formi mikroelemenata, kao i neorganskih formi mikroelemenata, izvršeno je smanjenjem učešća nosača (pšenično stočno brašno) u korišćenom premiksu kako bi se minimalno smanjio uticaj na sastav i hranljivu vrednost obroka. Pojedini istraživači organizovali su slične ogledne na prasadima sa delimičnom zamenom neorganskog izvora mikroelemenata, uglavnom zbog visoke cene helatnih formi mikroelemenata, kao i lakše implementacije dokazanog koncepta u praksi (Veum i sar., 1995). U potpunoj smeši za ishranu druge ogledne grupe prasadi (O-II) dodatak je predstavljala protektirana benzoeva kiselina, dozirana

u količini od 2,5 kg/t prema preporuci proizvođača po principu “*on top*” (engl.), koji podrazumeva dodatak preparata na potpunu količinu smeše u zadatoj dozi. U potpunoj smeši za ishranu treće ogledne grupe prasadi (O-III), modulacija hrane predstavljala je kombinaciju principa iz smeša za ishranu prve i druge ogledne grupe, sa ciljem definisanja sinergističkog efekta upotrebe helatnih formi mikroelemenata i protektirane benzoeve kiseline.

Na osnovu rezultata hemijske analize smeša korišćenih za ishranu prasadi u eksperimentu može se zaključiti da je u potpunosti ispunjen zadatak istraživanja postavljen pri formiranju ogleda u pogledu sadržaja i odnosa pojedinih hranljivih materija. Na opisani način isključena je razlika u sastavu potpunih smeša za ishranu kontrolnu i oglednih grupe prasadi koja bi potencijalno mogla da utiče na zdravstveni status i proizvodne rezultate, kao i sve druge parametre definisane planom istraživanja.

6.2. Zdravstveno stanje

Nakon zabrane upotrebe antibiotika u svrhu stimulacije rasta životinja, proučavana je upotreba aditiva u hrani sa ciljem poboljšanja proizvodnih rezultata kroz unapređenje populacije korisnih mikroorganizama u gastrointestinalnom traktu, stvaranje uslova za adekvatnu resorpciju hranljivih materija, jačanje imunog sistema i održavanje metaboličke homeostaze odlučene prasadi (Barbosa i sar., 2022). Upotreba aditiva u smešama za ishranu životinja zasniva se na činjenici da samo zdrav organizam može u potpunosti da ispolji genetski potencijal proizvodnih svojstava (Radulović, 2014). Tokom sprovođenja ogleda nije došlo do poremećaja zdravstvenog stanja i ispoljavanja kliničkih znakova oboljenja, kao ni do uginuća prasadi u eksperimentalnim grupama. Prasad svih ispitivanih grupa bila su skladne telesne građe, pravilno razvijenog koštanog i mišićnog tkiva, živahnog temperamenta i dobre kondicije. Koža i vidljive sluznice bile su uobičajenog izgleda. Apetit je bio dobar, konzumacija hrane u vrednostima tehnološkog normativa, a feces uobičajeno formiran. Sposobnost aktivnog kretanja i koordinacija pokreta bili su usklađeni, a mišićni tonus normalno izražen. S obzirom na adekvatan zdravstveni status prasadi u ogledu, dobijeni rezultati se mogu prihvatiti sa velikom verovatnoćom kao objektivni.

Upotreba helatnih formi mikroelemenata utiče na zdravstveni status na više nivoa u organizmu. Naime, kod primene organskih formi mikroelemenata u ishrani gravidnih krmača dolazi do pojačane ekspresije nuklearnog faktora kapa NF-kB (engl. *nuclear factor kappa light chain enhancer of activated B cells*) kod prasadi, koji predstavlja faktor koji kontroliše transkripciju DNK, proizvodnju citokina i preživljavanje imunih ćelija. NF-kB je signalni molekul sa ključnom ulogom u regulaciji puta zapaljenja i aktivira se spoljnim stimulusima kao što su patogeni, kod prasadi najčešće u jejunumu, a zatim stimuliše ekspresiju proinflamatornih citokina, kao što su IL-

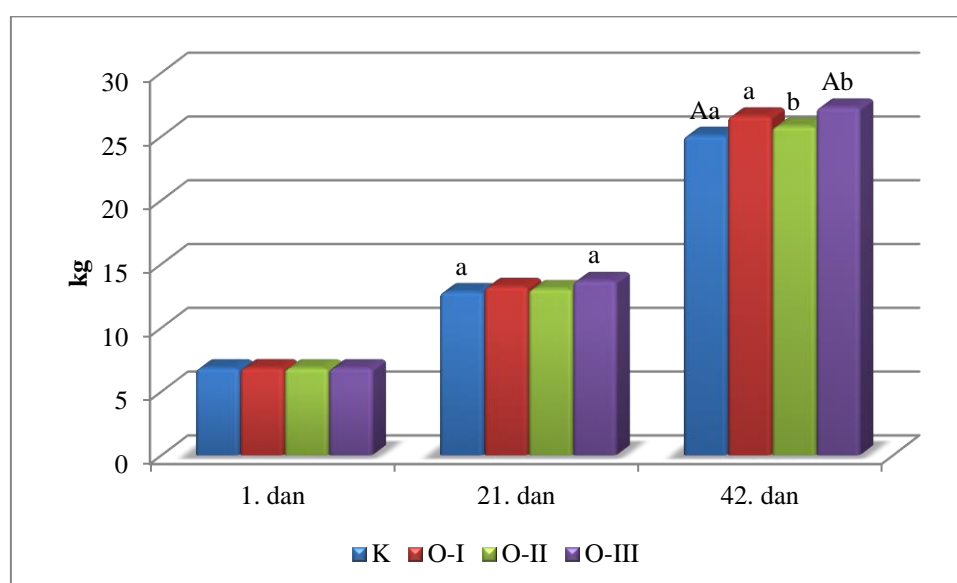
1b, IL-6, IL-8, IL-12, IL-18, TNF- α i interferon-gama (Jang i sar., 2020). Nakon odlučanja, prasadi usled promena u ishrani u okruženju doživljavaju period zaostajanja u rastu (Pluske, 2016). Proteinski vezan cink prisutan u smešama za ishranu prasadi može povećati unos hrane promovišući lučenje grelina i digestivnih enzima pankreasa (Satessa i sar., 2020), čime se poboljšava prirast u kritičnim danima za prasadi i ublažavaju negativni efekti povezani sa depresijom rasta nakon odlučanja, što uključuje smanjenje apsorptivne površine u crevima, slabljenje imuniteta i smanjenje ekspresije proteina međucelijske membrane (Christensen i sar., 2022).

Mnoga istraživanja pokazala su da upotreba protektirane benzoeeve kiseline u smešama za ishranu prasadi u odgoju može poboljšati rast i zdravstveni status, što bi, barem delimično, trebalo da bude posledica promocije funkcije creva, uključujući varenje i apsorpciju hranljivih materija, kao i jačanje barijerne crevne uloge (Mao i sar., 2019). Na osnovu sličnosti fiziologije creva između ljudi i svinja, urađene su mnoge studije u kojima su kao modeli korišćene epitelne ćelije svinjskog creva. Rezultati su pokazali da korišćenje odgovarajućih nivoa benzoeeve kiseline može poboljšati funkcije creva kroz regulisanje aktivnosti enzima, redoks statusa, imuniteta i mikrobiote (Wang i Chen, 2018; Eri i sar., 2017; Weichselbaum i sar., 2018). Pojedini autori koristili su dodatak ishrani prasadi od 5 kg/toni benzoeeve kiseline, što je duplo veća doza u odnosu na dozu korišćenu u našem istraživanju, čime su povećali svarljivost ukupnog azota, energije i aminokiselina kod odlučene prasadi (Halas i sar., 2011). Primena benzoeeve kiseline u ishrani prasadi može podstaći proizvodnju i aktivaciju digestivnih enzima, a prema litareturnim podacima dokazano je da su nakon dodatka protektirane forme ove kiseline koncentracije tripsina i lipaze u pankreasu povećane za 74,02% i 67,05%, pojedinačno (Gao, 2013). Ove činjenice ukazuju na bolje iskorišćavanje hranljivih materija iz hrane, što je presudno za održavanje adekvatno zdravstvenog statusa kod prasadi, pogotovo u periodu odlučanja. Kad je u pitanju barijerna uloga creva, primena protektirane forme benzoeeve kiseline može smanjiti serumske nivoe diamin oksidaze i D-mlečne kiseline i ublažiti dijareju izazvanu umnožavanjem *E. coli* (Chen, 2015). Postoji jako malo podataka o uticaju benzoeeve kiseline na imunitet, kao presudnom faktoru zdravstvenog stanja kod prasadi. Ipak, postoje dokazi da suplementacija za benzoevom kiselinom ima tendencu da poveća koncentraciju IgA u duodenumu, što ne važi za jejunum i ileum (Gao, 2013). U našem istraživanju, pronađena je numerički niža vrednost IgA u serumu prasadi hranjenih sa dodatkom protektirane benzoeeve kiseline.

6.3. Proizvodni rezultati

6.3.1. Telesne mase prasadi

Prosečne telesne mase prasadi prvog dana ogleda bile su karakteristične za stadijum odlučnja i kretale su se u okviru tehnoloških normativa korišćenog hibrida. Naime, početna telesna masa jedinki u ogledu kretala se, po grupama, u opsegu od 6,83-6,84 kg. Nije bilo razlika sa stanovišta statističke analize na početku ogleda, čime je ispunjen preduslov unifomnosti u eksperimentu, koji je omogućio precizno tumačenje i relevantnost ostvarenih rezultata u ogledu. Početkom ogleda nastupio je period odlučnja prasadi, što predstavlja najstresnije vremensko razdoblje u životnom veku svinja (Campbell i sar., 2013). Za to vreme, imperativ u ogledu bio je prilagođavanje prasadi mnoštvu stresora kao što su odvajanje od majke, nagle promene u ishrani i povećana izloženost patogenima zbog promene mesta boravka.



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

Grafikon 6.1. Prosečne telesne mase kontrolne i oglednih grupa prasadi 1., 21. i 42. dana ispitivanja

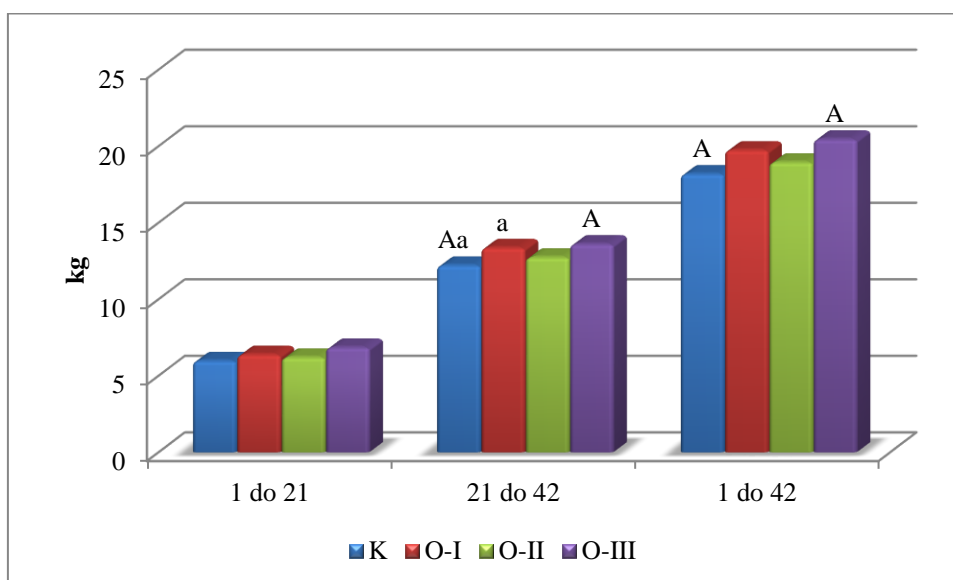
Na kraju starter faze ogleda, prasad kontrolne i oglednih grupa prasadi postigla su uobičajenu telesnu masu predviđenu tehnološkim normativima korišćenog hibrida. Najveću prosečnu telesnu masu u ovom stadijumu ogleda ostvarila je grupa prasadi koja je u smešama dobijala helatne forme bakra, mangana i cinka, kao i protektiranu benzojevu kiselinu, uz statistički značajnu razliku u odnosu na kontrolnu grupu od 6,43%, dok je navedena razlika u odnosu na prvu i drugu oglednu grupu iznosila 3,36% i 4,68%, pojedinačno (grafikon 6.1.). Razloge ovakvom rezultatu treba tražiti u uticaju protektirane benzojeve kiseline na poboljšanje sastava crevne mikroflore (Kluge i sar., 2006), kao i povećanje iskoristivosti hranljivih materija opisanu od strane Diao i sar., (2014). Ovom efektu doprinose i helatne forme minerala koje koriste mehanizme

apsorpcije aminokiselina i veoma efikasno cirkulišu do ciljnog tkiva, posledično ostvarujući veću telesnu masu (Zhang i sar., 2018).

Poslednjeg dana ogleda, na kraju grover faze, nastavljen je započeti trend i prasad svih oglednih grupa ostvarila su veću prosečnu telesnu masu u poređenju sa prasadima kontrolne grupe, pri čemu su detektovane razlike bile statistički značajne na nivou $p < 0,05$, sa izuzetkom grupe O-III gde je pronađena razlika sa koeficijentom značajnosti $p < 0,01$. Pored pronađenih razlika, ostvarene telesne mase kontrolne i oglednih grupa prasadi u ogledu bile su u skladu sa tehnološkim normativima. Procentualno izraženo, razlike u telesnim masama oglednih grupa prasadi u odnosu na vrednost u kontrolnoj grupi bile su 6,06%, 2,87% i 8,85%, pojedinačno. U skladu sa ovim rezultatima, sprovedena i opisana su brojna istraživanja na odlučnim prasadima kako bi se dokazala korist pri upotrebi identičnih dodataka ishrani. Benzoeva kiselina je aromatična karboksilna kiselina najjednostavnije strukture i može se otkriti u želucu i tankom crevu prasadi jer se ne metaboliše tako brzo kao druge organske kiseline (Suiryanrayna i Ramana, 2015). Prema pojedinim studijama u kojima su dobijeni slični rezultati, nivoi ekspresije faktora koji stimulišu rast bili su povećani kod prasadi hranjenih sa dodatkom benzoeve kiseline, a pokazalo se da je faktor rasta sličan insulinu-1 (IGF-1) važan medijator proliferacije i diferencijacije crevnih ćelija (Xiao i sar., 2009). U istraživanju Halasa i sar., (2010), jedan od korisnih efekata koji je doprineo ovakvom rezultatu je smanjenje pH vrednosti u digestivnom traktu. Sa druge strane, interesovanje za upotrebu helatnih formi kao izvora mikroelemenata u smešama za odlučenu prasad je posledica njihove veće potencijalne bioraspoloživosti u poređenju sa mikroelementima iz neorganskih izvora. Apsorpcija minerala je glavni faktor koji ograničava ispunjavanje njihovih bioloških funkcija u telu. Mikroelementi se mogu apsorbovati, ali ne mora da znači da će se efikasno iskoristiti u organizmu nakon toga. Minerali neorganskog porekla se lako kombinuju sa drugim komponentama hrane i formiraju nerastvorljive komplekse koji smanjuju apsorpciju minerala. Organski mikroelementi ili mikroelementi u helatnim kompleksima su u hemijski inertnoj formi kroz vezivanje liganda i kao takvi su zaštićeni od negativne interakcije sa komponentama hrane. Naši rezultati su u skladu sa rezultatima pojedinih autora koji su dokazali da prasad hranjena sa 50% bakra, mangana, cinka i gvožđa u helatnoj formi ostvaruju bolje proizvodne rezultate od prasadi hranjenih sličnim koncentracijama mikroelemenata isključivo iz neorganskih sulfatnih oblika (Veum i sar., 1995). Zamena dela neorganskih mikroelemenata helatnim oblicima poboljšala je i iskorišćavanje hrane kod odlučene prasadi. U pojedinim studijama, prasad hranjena proteinskim oblicima bakra i cinka imale su veće koncentracije ovih mikroelemenata u jetri nego svinje hranjene sulfatnim oblicima (Shiavon i sar., 2000). Ovo ukazuje na efikasnije korišćenje helatnih formi bakra i cinka u poređenju sa neorganskim izvorima.

6.3.2. Prosečni prirasti prasadi

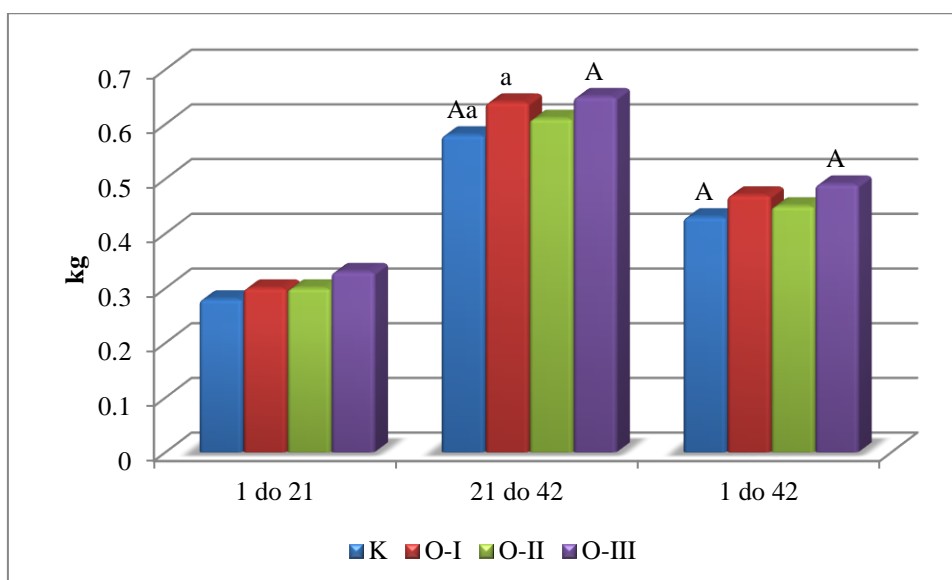
Sagledavajući proizvodne rezultate, pored telesne mase, veoma značajan faktor je u prirast životinja, kako ukupni, tako i dnevni. Prirast životinja predstavlja pouzdan pokazatelj hranljive vrednosti i higijenske ispaivosti smeša koje su u upotrebi, ali i zdravstvenog statusa, jer samo zdrava životinja može da ispolji svoj genetski potencijal i da ostvari dobre ukupne i dnevne priraste.



Legenda: Ista slova ^A – $p < 0,01$; ^a – $p < 0,05$.

Grafikon 6.2. Ukupni prosečni prirast (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi tokom ogleda

Pri analizi rezultata prirasta u starter fazi ogleda nisu detektovane statistički značajne razlike, a numerički najveći prirast ostvarila je ogledna grupa prasadi hranjena sa dodatkom helatnih formi mikroelemenata i protektirane benzoeve kiseline. Ukupni i dnevni prirast u fazi grovera u poređenju sa kontrolnom grupom prasadi bio je statistički značajno veći u oglednoj grupi O-I ($p < 0,05$) sa procentualnom razlikom od 9,42% i u oglednoj grupi O-III ($p < 0,01$) sa procentualnom razlikom od 11,38% (grafikoni 6.2. i 6.3.).



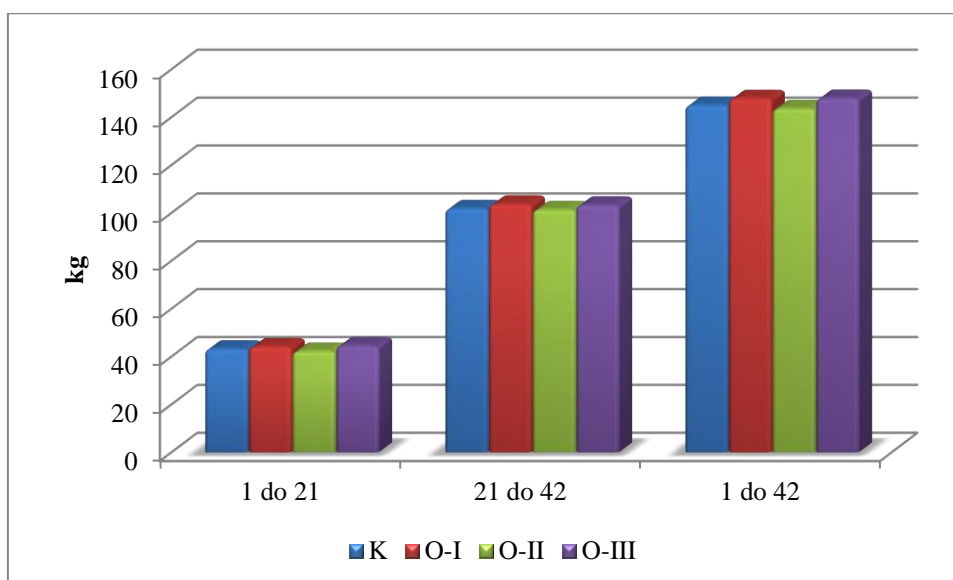
Legenda: Ista slova ^A – $p < 0,01$.

Grafikon 6.3. Prosečan dnevni prirast (kg) kontrolne i oglednih grupa

Analizirajući celokupni eksperimentalni period, sve ogledne grupe ostvarile su veći ukupni i dnevni prirast u poređenju sa kontrolnom grupom, što je u slučaju treće ogledne grupe bilo statistički značajno ($p < 0,01$), sa procentualnom razlikom od 12,49% (grafikoni 6.2. i 6.3.). Uprkos numeričkim razlikama u preostale dve ogledne grupe, rezultati koji se odnose na ostvareni ukupni i dnevni prirast jasno ukazuju na pozitivan uticaj upotrebljenih aditiva u smešama za ishranu oglednih grupa prasadi. Prirast u oglednim grupama prasadi svedoči o povećanju svarljivosti hranljivih materija u grupama prasadi hranjenih sa dodatkom organskih formi mikroelemenata, a jedan od razloga je svakako i stimulacija lučenja digestivnih enzima u želucu, pankreasu i crevnoj sluzokoži koji uzrokuju helatni kompleksi, što je prikazano i u istraživanju Hou i Gao, (2001). S obzirom da se poboljšava efikasnost intestinalne apsorpcije, helatne forme mikroelemenata mogu povećati permeabilnost crevne sluzokože, što posledično povećava bioraspoloživost aminokiselina, kao jednog od ključnih faktora dobrog prirasta životinja (Thanou i sar., 2001).

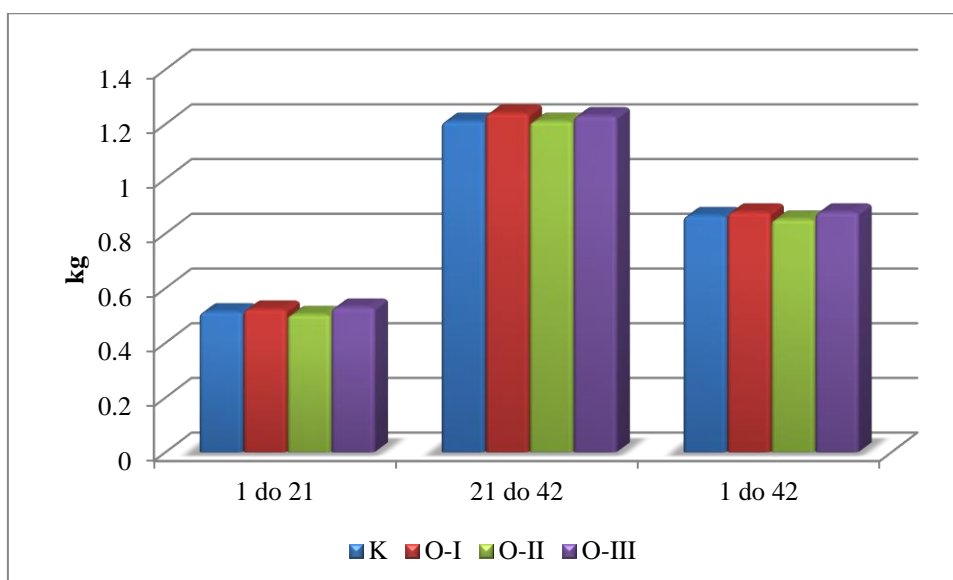
6.3.3. Prosečna konzumacija hrane

U praktičnim uslovima na intenzivnim svinjarskim farmama, apetit predstavlja jedan od glavnih pokazatelja higijenske ispravnosti smeša i zdravstvenog statusa životinja. Pri analizi podataka o količini utrošene hrane, u celokupnom i dnevnom periodu u ogledu, nisu pronađene statistički značajne razlike.



Grafikon 6.4. Prosečna konzumacija hrane (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi tokom ogleđa

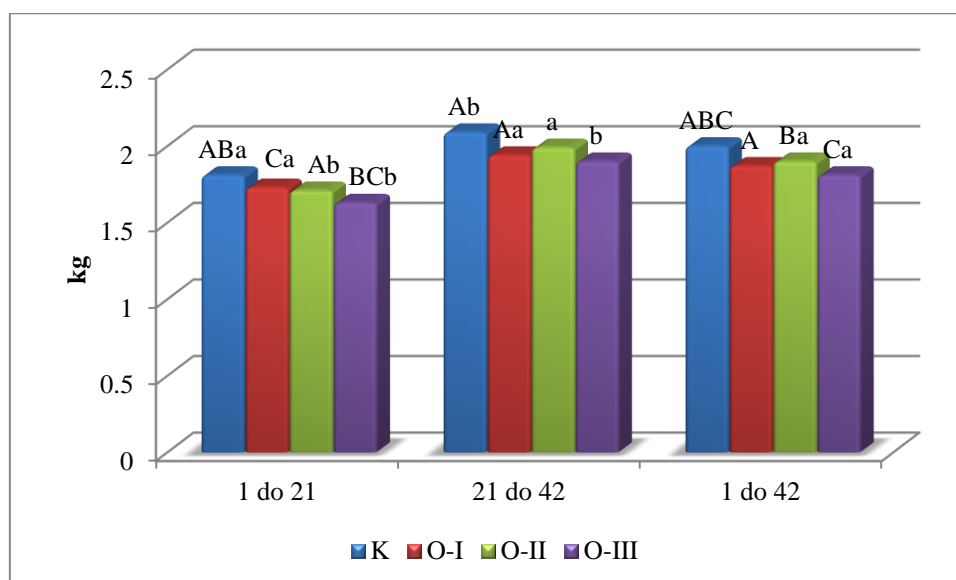
Dnevna konzumacija kod treće ogledne grupe prasadi koja je u smešama dobijala kombinaciju ispitivanih dodataka u poređenju sa kontrolnom grupom razlikovala se za samo 1,5 g (1,47%). Ogledna grupa prasadi O-II, koja je u smešama za ishranu dobijala organsku formu bakra, mangana i cinka, imala je veći unos hrane u poređenju sa kontrolnom grupom u vrednosti od 1,9 g, što procentualno izraženo iznosi 1,87% (grafikoni 6.4. i 6.5.). Povećanje konzumacije može biti uzrokovano prisustvom helatnih formi mikroelemenata u smešama koje su znatno više iskoristive. Sa druge strane, organski mikroelementi korišćeni u pojedinim istraživanjima ostvarili su važnu ulogu u sintezi enzima neophodnih za varenje hranljivih materija, što u istraživanju Vallee i Falchuk, (1993) objašnjava povećanje konzumacije hrane. S obzirom da mikroelementi imaju potencijal da ostvare negativan uticaj na palatabilitet hrane (Zhang i sar., 2013), korišćenje helatnih formi koje se zbog bolje usvojivosti koriste u manjoj dozi mogu da utiču na povećanje konzumacije hrane. U našem istraživanju pokazano je da dodatak helatnih formi bakra, mangana i cinka vezanih za metionin poboljšava priraste prasadi nakon odlučnja, a slične vrednosti konzumacije hrane među grupama ukazuju na značajan efekat primenjenih aditiva pri analizi konverzije hrane.



Grafikon 6.5. Prosečna dnevna konzumacija hrane (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi tokom oglada

6.3.4. Prosečna konverzija hrane

Konverzija hrane, kao mera utroška hrane po jedinici prirasta, predstavlja interakciju između konzumacije hrane i ostvarenog prirasta. Jedan je od najboljih parametara za određivanje hemijskog sastava i higijenske ocene hrane, ali i ekonomičnosti proizvodnje. Nakon računanja vrednosti konverzije, kao i statističke analize dobijenih rezultata, može se uočiti da postoje značajne razlike između ispitivanih nutritivnih tretmana ($p < 0,05$; $p < 0,01$). Fazno posmatrano, u periodu od 1. do 21. dana oglada najbolju konverziju ostvarila je treća ogledna grupa, sa vrednošću koja je bila za 9,94% bolja u odnosu na kontrolnu grupu prasadi. Prva i druga ogledna grupa ostvarile su bolju vrednost konverzije za 4,42% i 5,52%, pojedinačno (grafikon 6.6.). U skladu sa našim rezultatima, Castillo i sar. (2008) su izvestili da je dodatak ishrani u dozi od 80 mg/kg organskog cinka u helatnih formi poboljšao konverziju kod prasadi tokom prve dve nedelje nakon odlučjenja.



Legenda: Ista slova ^{A,B,C} – $p < 0,01$; ^{a,b} – $p < 0,05$.

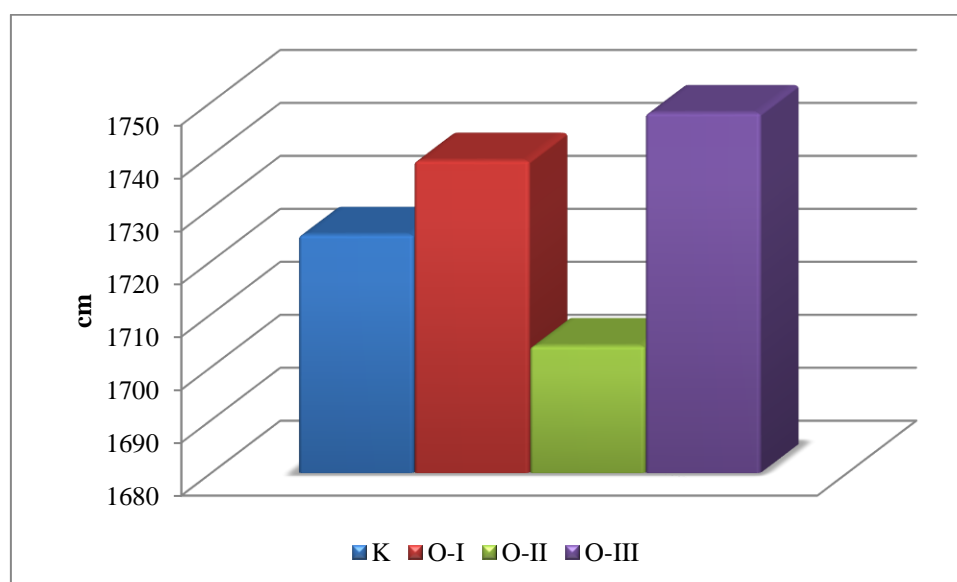
Grafikon 6.6. Prosečna konverzija hrane (kg) kontrolne i oglednih grupa prasadi tokom ogleda

U grover fazi nastavljen je isti trend, s tim da je ogledna grupa prasadi sa dodatkom helatnih formi mikroelemenata u smeši za ishranu ostvarila bolji rezultat od grupe sa dodatkom protektirane benzoeve kiseline. Posmatrajući celokupni period eksperimenta, upotreba ispitivanih dodataka u smešama za ishranu prasadi uticala je na poboljšanje konverzije u svim oglednim grupama u poređenju sa kontrolnom grupom. Najbolju vrednost konverzije ostvarila je ogledna grupa prasadi O-III, a zbirno posmatrano, sve ogledne grupe imale su bolju vrednost konverzije u poređenju sa kontrolnom grupom na nivou značajnosti $p < 0,01$. Mullan i sar. (2004) su takođe opisali poboljšanje u vrednostima konverzije hrane nakon uključivanja organskog izvora mikroelemenata u smeše za ishranu prasadi. Autori istraživanja u kojima su dobijeni identični rezultati, uglavnom ovakav efekat pripisuju većoj svarljivosti hranljivih materija, povećanjem visine i širine crevnih resica, modulacijom crevne mikroflore, ali i antimikrobnim svojstvima helata koji dovode do poboljšanja imunološke funkcije creva, ostvarujući u većoj meri gore navedene efekte (Kong i sar., 2010; Han i sar., 2014).

6.4. Histomorfološka ispitivanja

6.4.1. Prosečna dužina i masa creva prasadi po segmentima

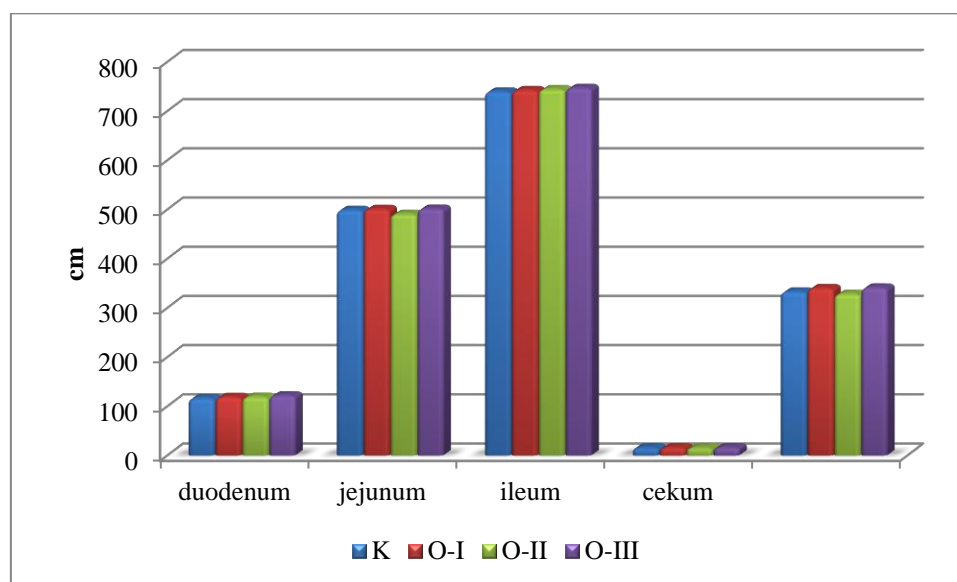
Dužina i masa tankih i debelih creva predstavljaju važne pokazatelje razvoja creva, pogotovo ako se pri analizi u obzir uzme starost svinja ili nutritivni tretman koji je primenjen (Brossard i sar., 2019). U periodu odlučanja, tanka i debela creva prasadi rastu tri puta brže nego telesna masa životinja u tom razdoblju, a varijacije koje se odnose na dužinu i masu creva često su povezane sa pojedinim aditiva primenjenim u smešama za ishranu prasadi, kao i vremenom primene dodataka (Hampson, 1986; Piva i sar., 2002; Biagi i sar., 2007;). Istraživanja u kojima je zabeležena promena dužine tankog i debelog creva, uglavnom to povezuju sa promenama u telesnoj masi prasadi tokom ogleda, pri čemu u ovim parametrima postoji korelacija, što znači da je dužina creva direktno proporcionalna telesnoj masi posmatrano po grupama (Meyer i sar., 2014; Zhou i sar., 2014).



Grafikon 6.7. Ukupna prosečna dužina creva (cm) kontrolne i oglednih grupa prasadi

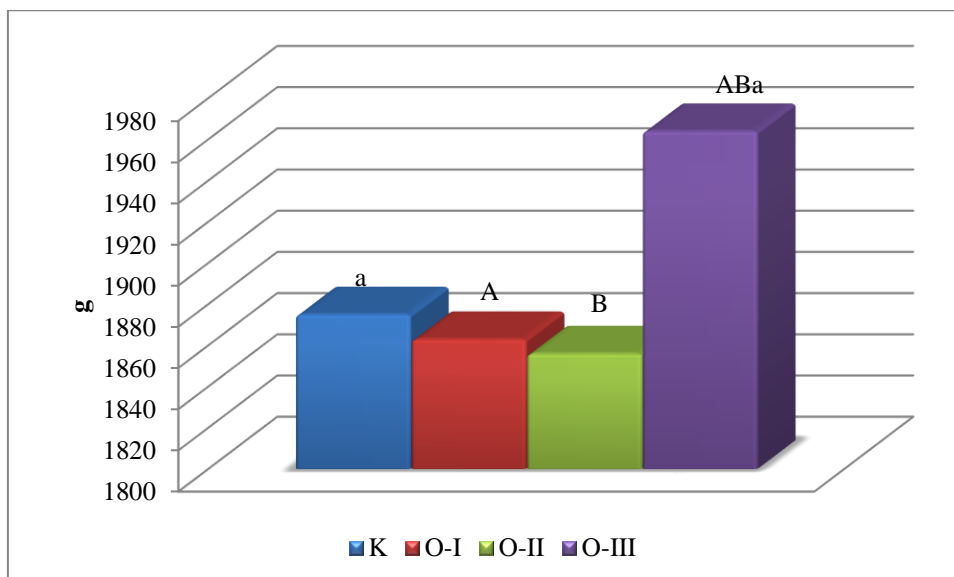
Analize merenja dužine i mase ispitivanih segmenata creva (duodenum, jejunum, ileum, cekuma, kolon) prasadi u ogledu pokazuju da su sve grupe prasadi u eksperimentu imale dobro razvijena creva standardne dužine i mase koja je bila preduslov za adekvatnu apsorpciju hranljivih materija. Upoređujući ukupnu dužinu creva, kao i dužinu creva po ispitivanim segmentima, nisu utvrđene statistički značajne razlike među različitim nutritivnim tretmanima prasadi u ogledu. Numerički posmatrano, najveću ukupnu dužinu creva ostvarila je ogledna grupa prasadi O-III, a najmanju ogledna grupa O-II, pri čemu je procentualna razlika iznosila 2,58% (grafikon 6.7.). Upoređujući dužine različitih segmenata creva po nutritivnim tretmanima razlike su bile minimalne

(grafikon 6.8.), što ukazuje na činjenicu da primenjeni dodaci u smešama za ishranu oglednih grupa prasadi nisu ostvarili uticaj na pomenuti parametar. Ovi podaci su u suprotnosti sa rezultatima Adeola i King, (2006) i Gao i sar. (2010), koji su primenom specifičnih dodataka uočili ne samo uticaj na dužinu creva, nego i korelaciju sa proizvodnim performansama prasadi. Sa druge strane, pojedini autori razlike u dužini creva pripisuju isključivo rasnom sastavu svinja (Wang i sar., 2020).



Grafikon 6.8. Prosečna dužina creva (cm) kontrolne i oglednih grupa prasadi po segmentima

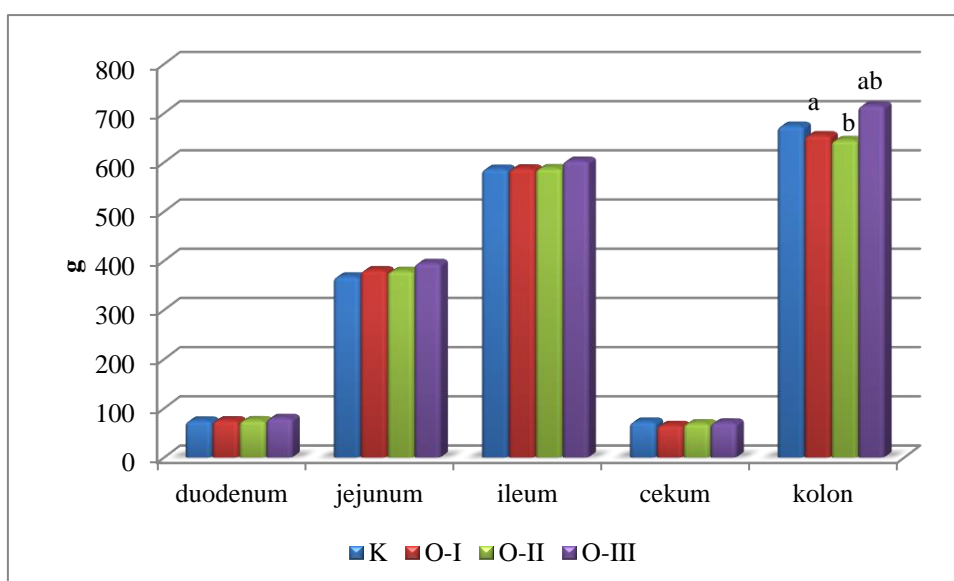
Prosečna masa creva prasadi u odgoju u korelaciji je sa dužinom creva, s obzirom na sličnost epitela ispitivanih segmenata creva, a navedeni princip dokazan je brojnim istraživanjima (Meyer i sar., 2014; Zhou i sar., 2014, Wang i sar., 2016). Rezultati dobijeni dodatkom helatnih formi mikroelemenata i protektirane benzoeve kiseline ipak pokazuju određene razlike u poređenju ova dva parametra. Naime, najveća ukupna masa creva dobijena je merenjem creva ogledne grupe prasadi O-III, što je bilo statistički značajno u poređenju sa kontrolnom grupom ($p < 0,05$), odnosno u poređenju sa oglednim grupama prasadi O-I i O-II ($p < 0,01$), što je prikazano na grafikonu 6.9. Posmatrano prema različitim segmentima creva, nije bilo statistički značajnih razlika, osim pri merenju mase kolona gde je vrednost u oglednoj grupi O-II bila najmanja na nivou značajnosti $p < 0,05$ u poređenju sa prvom i trećom oglednom grupom prasadi (grafikon 6.10.).



Legenda: Ista slova ^{A,B} – $p < 0,01$; ^a – $p < 0,05$.

Grafikon 6.9. Ukupna prosečna masa creva (g) kontrolne i oglednih grupa prasadi

Veća dužina i masa creva zahteva veću potrošnju energije i kiseonika, što je povezano sa smanjenjem produktivnog dejstva utrošene hrane. Smatra se da su iz ovog razloga dobijeni rezultati u skladu sa istraživanjima Wang i sar. (2016), koji nisu utvrdili razlike u dužini i masi creva između različitih oglednih grupa prasadi u odgoju. U istraživanjima pri kojima nisu uvrđene promene u dužini i masi creva, kao ni korelacija sa poboljšanim proizvodnim performansama prasadi, primećeno je da je parametar dubine crevnih kripti bio statistički značajno bolji kod oglednih grupa prasadi u odnosu na prasad kontrolne grupe, što ukazuje na značaj ćelijske proliferacije i diferencijacije u crevima (Wang i sar., 2016, Elefson i sar., 2021).



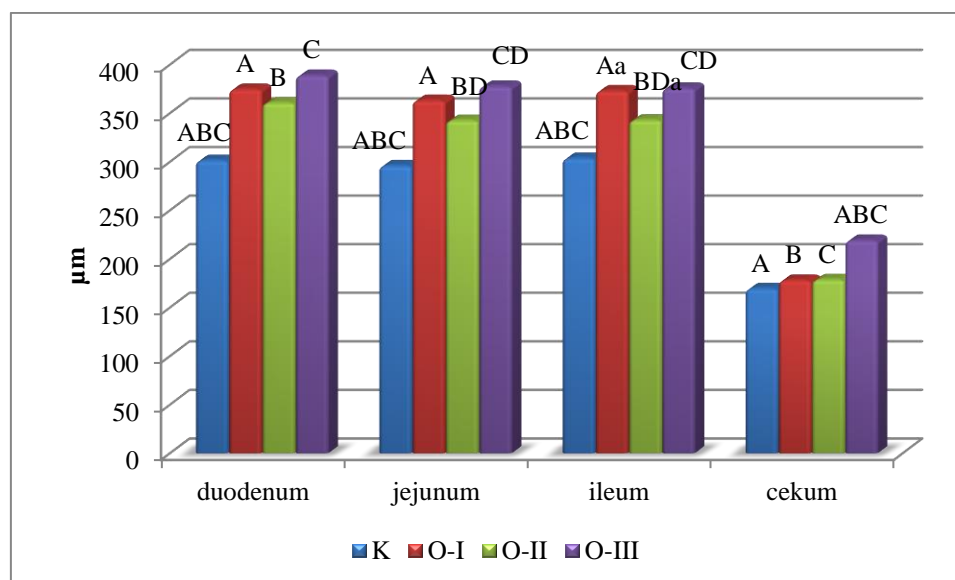
Legenda: Ista slova ^{a,b} – $p < 0,05$.

Grafikon 6.10. Prosečna masa creva (g) kontrolne i oglednih grupa prasadi po segmentima

6.4.2. Morfometrijski parametri duodenuma, jejunuma, ileuma i cekuma prasadi

Očuvana crevna sluzokoža je prvi uslov za dobro zdravstveno stanje životinja, jer direktno utiče na proces varenja i apsorpcije hranljivih materija, a njena uloga je presudna i u otpornosti na invaziju patogenih bakterija (Chen i sar., 2016). Rano odlučenje prasadi povezano je sa narušenim integritetom sluzokože creva prasadi, što dovodi do lošijih proizvodnih rezultata, a samim tim i do smanjenja ekonomskog bilansa u proizvodnji (Hu i sar., 2013). Gubitkom epitelnih ćelija dolazi do atrofije crevnih resica, dok kod smanjene diferencijacije ćelija dolazi do produbljivanja crevnih kripti. Brojna istraživanja pokazala su da je crevna barijera oštećena u ranom procesu odlučanja prasadi, što utiče na otpornost na infekcije i incidencu pojave dijareje (Hu i sar., 2013; McLamb i sar., 2013).

Histološke analize ispitivanih segmenata creva (duodenuma, jejunuma, ileuma i cekuma) prasadi u ogledu pokazuju da su sve grupe prasadi u eksperimentu imale dobro razvijenu crevnu morfologiju koja je bila preduslov za adekvatnu apsorpciju hranljivih materija, kao i za ostvareni proizvodni rezultat. Dodatak helatnih formi mikroelemenata i protektirane benzoeve kiseline ostvario je uticaj na visinu i širinu crevnih resica, kao i na dubinu crevnih kripti, pri čemu je uočljiv identičan trend kao pri analizi proizvodnih rezultata, posmatrano među različitim hranidbenim tretmanima.

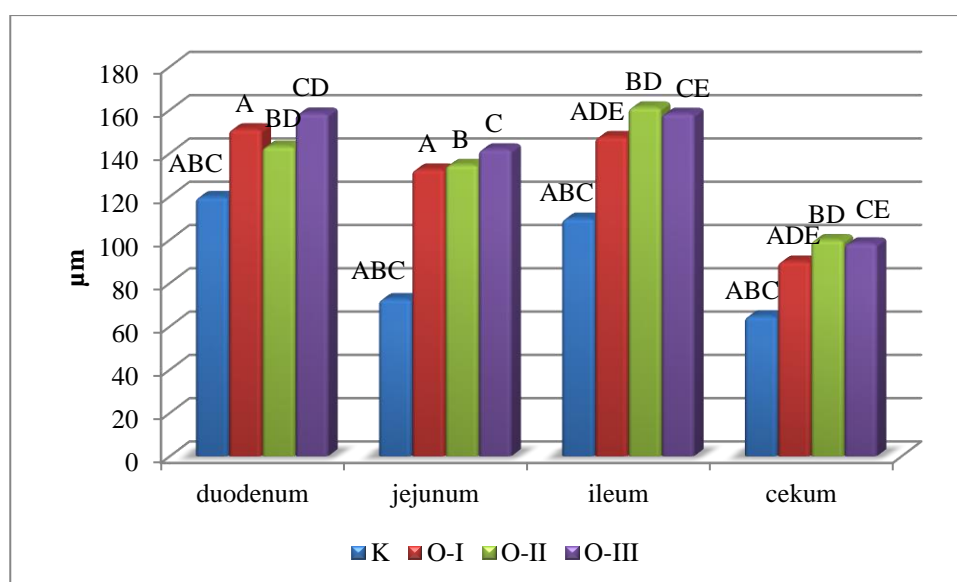


Legenda: Ista slova ^{A,B,C,D} – $p < 0,01$; ^a – $p < 0,05$.

Grafikon 6.11. Prosečna visina resica (μm) kontrolne i oglednih grupa prasadi pojedinih segmenata creva

Statističkom analizom visine crevnih resica utvrđen je pozitivan efekat primenjenih preparata u smešama za ishranu svih oglednih grupa, što je u poređenju sa kontrolnom grupom

prasadi bilo statistički značajno ($p < 0,01$). Najveću vrednost visine crevnih resica ostvarila je ogledna grupa prasadi O-III sa procentualnom razlikom u poređenju sa kontrolnom, O-I i O-II oglednom grupom od 29,08%, 3,82% i 7,79%, pojedinačno. U ostalim segmentima creva koji su obuhvaćeni istraživanjem, trend se nastavio, a na grafikonu 6.11 prikazana je dominacija ogledne grupe O-III u pogledu visine crevnih resica. Ovaj parametar je izrazito bitan sa aspekta “sazrevanja” digestivnog trakta, kao i sposobnosti adekvatne resorpcije hranljivih materija u danima nakon odlučnja, ali i u grover fazi kada se od prasadi očekuju visoki dnevni prirasti. Dobijeni rezultati u saglasnosti su sa sprovedenim istraživanjima u kojima je kao dodatak korišćena benzoeva kiselina (Halas i sar., 2010; Diao i sar., 2014). U suprotnosti sa pomenutim trendom, objavljeni su rezultati Chen i sar., (2016), u čijim rezultatima nije bilo značajnog povećanja visine crevnih resica kod prasadi hranjenim sa dodatkom protektirane benzoeve kiseline. Prikazanom rezultatu u našem istraživanju doprinosi prisustvo helatnih formi mikroelemenata u smešama za ishranu prasadi ogledne grupe O-III, što je potvrđeno i drugim istraživanjima (Han i sar., 2014; Oh i sar., 2022).

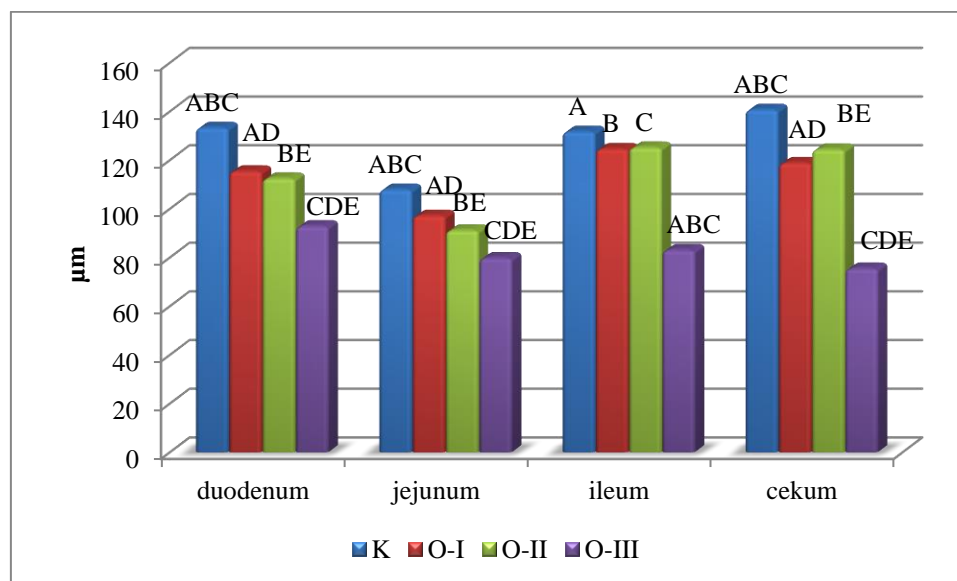


Legenda: Ista slova ^{A,B,C,D,E} – $p < 0,01$.

Grafikon 6.12. Prosečna širina resica (μm) kontrolne i oglednih grupa prasadi pojedinih segmenata creva

Analizom rezultata širine crevnih resica, kao i u slučaju visine crevnih resica, utvrđen je pozitivan efekat primenjenih preparata u smešama za ishranu oglednih grupa prasadi. Naime, utvrđena je statistički značajna razlika u širini resica duodenuma, jejunuma, ileuma i cekuma ($p < 0,01$). Numerički najveću vrednost u duodenumu i jejunumu ostvarila je ogledna grupa prasadi O-III, a u ileumu i cekumu ogledna grupa O-II (grafikon 6.12.). Merenjem širine resica ispitivanih segmenata creva, najveća razlika dobijena je u jejunumu između ogledne grupe sa dodatkom helatnih formi mikroelemenata i protektirane benzoeve kiseline u smešama i kontrolne grupe

prasadi, što u procentima izraženo iznosi 95,31%. Sličan rezultat, sa napomenom da je numerička razlika u širini resica bila manja, prikazan je u istraživanju Kang i sar., (2010), uz objašnjenje da proliferaciju i diferencijaciju epitela tankog creva, kao i promovisanje sazrevanja digestivnog trakta potpomaže uticaj bioaktivne supstance epidermalnog faktora rasta, detektovanog nakon primene organskih formi mikroelemenata. O efektima primene organskih kiselina, uz značajnu razliku pri analizi rezultata širine crevnih resica izvestili su Roselli i sar., (2005), što je u saglasnosti sa ostvarenim vrednostima ovog parametra u ileumu i cekumu.

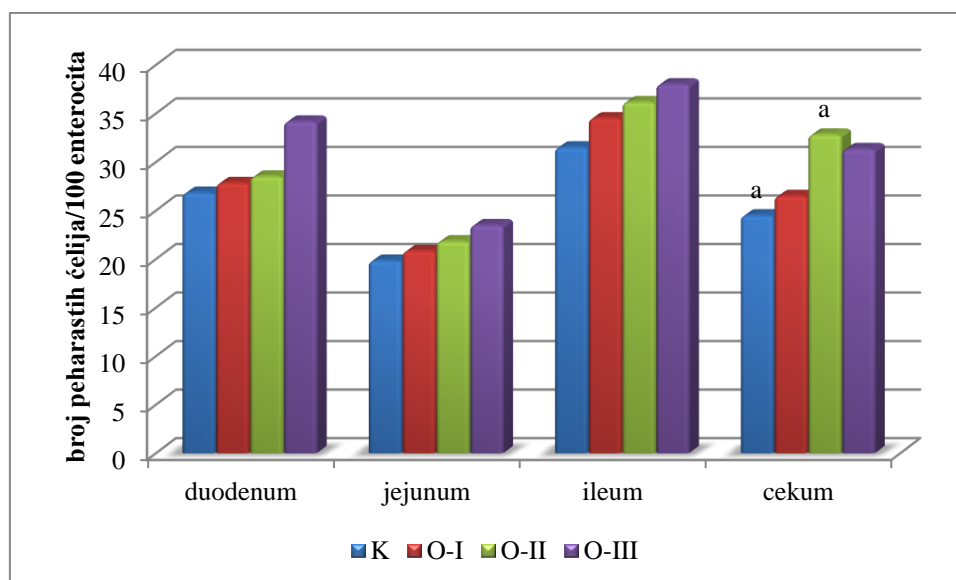


Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C, D, E} - $p < 0,01$.

Grafikon 6.13. Prosečna dubina kripte (μm) kontrolne i oglednih grupa prasadi pojedinih segmenata creva

Upoređivanjem vrednosti dobijenih merenjem dubine kripte u ispitivanim segmentima creva prasadi utvrđen je pozitivan efekat primenjenih preparata u smešama za ishranu oglednih grupa prasadi u odnosu na kontrolnu grupu. Statistički značajno ($p < 0,01$) manje vrednosti dubine kripte ostvarila je ogledna grupa prasadi hranjena sa dodatkom kombinacije helatnih formi mikroelemenata i protektirane benzojeve kiseline u odnosu na ostale grupe prasadi u eksperimentu, čime je intenziviran proces ćelijske diferencijacije. Najveće vrednosti dubine kripte ostvarila je kontrolna grupa prasadi, a srednje vrednosti ostvarene su u oglednim grupama prasadi O-I i O-II (grafikon 6.13.). Identične rezultate dobili su Carlson i sar. (1998), navodeći značaj organskih formi minerala u povećanju površine za apsorpciju hranljivih materija u ispitivanim segmentima creva. Sa druge strane, dodatak benzojeve kiseline u smeše za ishranu prasadi dokazan je u istraživanju Diao i sar. (2014), pri čemu je dokazan identičan pozitivan efekat na histološke parametre istih crevnih segmenata. Slični rezultati prikazani u ispitivanju efekata helatnih formi mikroelemenata u radu Zhang i sar. (2013), doprineli su boljim proizvodnim rezultatima pri čemu je uočena korelacija

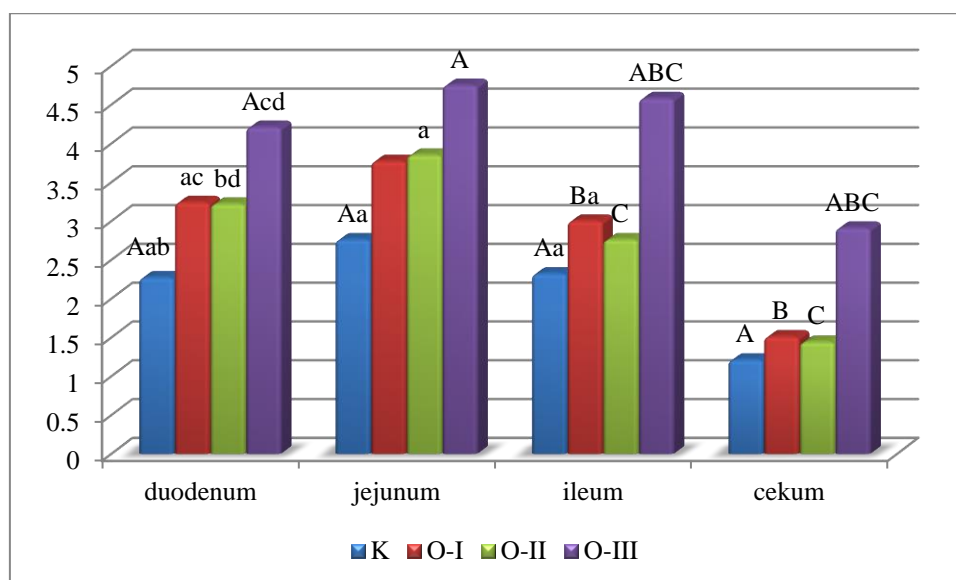
između histoloških parametara i proizvodnih performansi, identično kao u našem istraživanju. Grupno posmatrano, rezultati ukazuju da helatni oblici bakra, mangana i cinka doprinose metabolizmu enterocita kroz efikasniju apsorpciju hranljivih materija.



Legenda: Isto slovo u koloni ^a - $p < 0,05$.

Grafikon 6.14. Prosečan broj peharastih ćelija na 100 enterocita kontrolne i oglednih grupa prasadi pojedinih segmenata creva

Analizom rezultata dobijenih brojanjem peharastih ćelija na bazi 100 enterocita ustanovljen je standardan broj ove ćelijske populacije u svim grupama prasadi u eksperimentu (Brown i sar. 2006). Nisu utvrđene statistički značajne razlike, izuzev u cekumu između kontrolne i ogledne grupe prasadi O-III sa statističkom značajnošću ($p < 0,05$), što je prikazano na grafikonu 6.14. Identične rezultate u brojanju peharastih ćelija dobili su Kluess i sar. (2010), pri čemu se smatra da ova značajnost ne ostavlja značajne posledice na stepen apsorpcije hranljivih materija, osim na apsorpciju elektrolita i vode, s obzirom da su razlike pronađene u debelom crevu, a ne u partijama tankih creva prasadi. Ranija istraživanja ipak, svedoče o značajnoj povezanosti apsorptivne i sekretovne uloge crevnih kripti, što ove ćelije dovodi u vezu sa nastajanjem sekretorne dijereje, što se u našem istraživanju moglo odraziti na vrednosti dobijene pri monitoringu „Fecal“ skora kontrolne i oglednih grupa prasadi.



Legenda: Ista slova ^{A,B,C} – $p < 0,01$; ^{abcd} – $p < 0,05$.

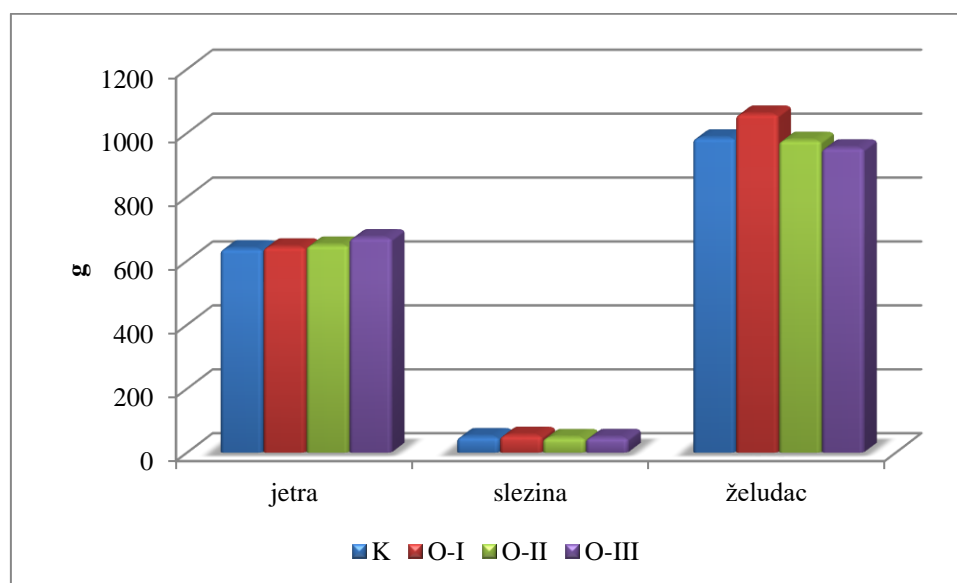
Grafikon 6.15. Odnos prosečnih visina resica i prosečnih dubina kripta kontrolne i oglednih grupa prasadi pojedinih segmenata creva

Odnos prosečne visine resica i prosečnih dubina kripta u crevima predstavlja veoma značajan parametar, koji obuhvatajući dve značajne histološke karakteristike creva, daje informaciju o površini dostupnoj za apsorpciju hranljivih materija, kao i sposobnosti crevne sluzokože za proliferaciju i obnavljanje. Visoke vrednosti visine crevnih resica, kao i niske vrednosti dubine kripta, koje svedoče o sposobnosti proliferacije, u količniku daju visoke vrednosti specifičnog odnosa, koji je u našem istraživanju manifestno prikazan u slučaju ogledne grupe prasadi O-III grupe, kroz sva četiri ispitivana crevna segmenta. Vrednosti zabeležene u ovoj grupi bile su statistički značajne ($p < 0,01$), u odnosu na manju vrednost dobijenu u kontroloj grupi svih crevnih segmenata, kao i u odnosu na prvu i drugu oglednu grupu u ileumu i cekumu (grafikon 6.15). Ovakve vrednosti svedoče o korelaciji sa rezultatima proizvodnih performansi, dokazujući povezanost ova dva parametra što je potvrđeno i kroz rezultate drugih istraživača u ovoj oblasti, bilo kroz dodatak organskih formi minerala ili benzojeve kiseline (Carlson i sar., 2008; Adil i sar., 2010; Chen i sar., 2016; Xue i sar., 2018).

6.4.3. Prosečna masa organa prasadi

Masa visceralnih organa važan je pokazatelj zdravstvenog stanja životinja zbog njihove suštinske uloge u svim aspektima fiziologije digestivnog sistema, uključujući varenje hrane, apsorpciju kao i metabolizam apsorbiranih i cirkulišućih hranljivih materija (Elefson i sar., 2021). Razumevanje razvoja unutrašnjih organa olakšava procenu fiziološkog kapaciteta, kao i kapaciteta za postizanje specifičnih proizvodnih performansi životinja u različitim fazama rasta (Shields i sar., 1983). Pojedini istraživači dokazali su da svinje sa manjim procentom telesne masti i boljim

proizvodnim rezultatima imaju veću masu unutrašnjih organa (Ciplef i McKay, 1993; Theil i sar., 2012). Veća masa unutrašnjih organa veći je potrošač energije u telu (Anugwa i sar., 1989), ali i kiseonika (Nyachoti i sar., 2000), pa sa povećanjem mase organa rastu i potrebe za održavanjem života, što ostavlja manje hranljivih materija za produktivne svrhe povećanja telesne mase. Mase jetre, slezine i želuca pokazuju da su sve grupe prasadi u eksperimentu, shodno svom zdravstvenom statusu, imale dobro razvijene unutrašnje organe standardne veličine i mase, što je bio jedan od preduslova za metaboličke aktivnosti pri varenju hranljivih materija.



Grafikon 6.16. Prosečne mase unutrašnjih organa (g) kontrolne i oglednih grupa prasadi

Upoređujući prosečne mase jetre, slezine i želuca prasadi u ogledu ustanovljeno je da među različitim nutritivnim tretmanima nije bilo razlika (grafikon 6.16.). Može se zaljučiti da se ovaj parametar nije menjao sa promenom proizvodnog rezultata kroz grupe prasadi u eksperimentu, za razliku od istraživanja Anugwa i sar. (1989), gde je primećeno smanjenje mase organa kod grupa svinja koje su ostvarile veću telesnu masu tokom trajanja ogleda. Slično, u istraživanju Ciplef i McKay, (1993), dokazano je da su svinje sa manjom telesnom masom ostvarile veću masu unutrašnjih organa. Dodatak helatnih formi mikroelemenata i protektirane benzojeve kiseline nije uticao na mase organa, što je u saglasnosti sa rezultatima Langraf i sar. (2007), kao i McKay i sar. (1984), koji tvrde da je masa unutrašnjih organa prasadi isključivo rasna odlika.

6.5. Elektrohemijska reakcija (pH vrednost) himusa

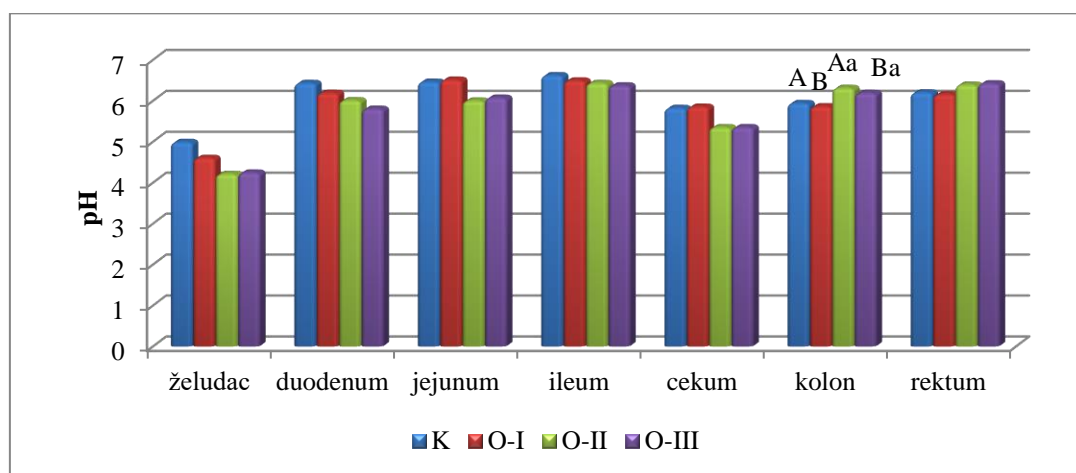
Elektrohemijska reakcija crevnog sadržaja u velikoj meri utiče na sastav crevne mikroflore kod prasadi (Canibe i sar., 2001; Diao i sar., 2014), pri čemu niska pH vrednost kontroliše rast patogenih bakterija (Partanen i Mroz, 1999). Efekat antibakterijskog dejstva kisele sredine u crevima povezan je sa disocijacijom kiselih jedinjenja i nastankom katjona i anjona koji pasiraju

ćelijski zid bakterije i ometaju sintezu bakterijskih proteina (Roth i Kirchgessner, 1998). Sa druge strane, nedisosovane kiseline mogu slobodno da difunduju kroz polupropustljivu membranu mikroorganizama u njihovu ćelijsku citoplazmu. U ćeliji u kojoj se pH održava blizu 7, kiselina će disosovati i potisnuti ćelijske enzime i sisteme za transport hranljivih materija (Lueck, 1980). Smatra se da je ovaj efekat veoma važan, pogotovo u prednjim partijama gastrointestinalnog trakta, zahtevajući prisustvu kiselina u lumenu.

Nedostatak supstrata laktoze koja je bila izvor mlečne kiseline tokom perioda sisanja favorizuje povećane pH vrednosti duž gastrointestinalnog trakta, pri čemu rano odlučena prasadi imaju veće pH vrednosti u crevima od prasadi kod kojih je proces odlučivanja sproveden kasnije (Su i sar., 2008). Pored smanjene sposobnosti izlučivanja hlorovodonične kiseline kod odlučene prasadi, visok nivo proteina u smešama predisponira nastanak povišene pH vrednosti u digestivnom traktu, stvarajući uslove za razmnožavanje *E. coli* i drugih crevnih patogenih (Montagne i sar., 2003). Povišena pH vrednost u sadržaju želuca nakon odlučivanja rezultira lošijim varenjem hrane koja podleže fermentaciji u debelim crevima, što predstavlja jedan od osnovnih uslova za nastajanje dijareje (Konstantinov i sar., 2004).

U našem istraživanju, rezultati ispitivanja pH vrednosti u različitim segmentima digestivnog trakta prasadi u eksperimentu ukazuju da je elektrohemijaska reakcija bila unutar fizioloških granica, koja je zabeležena u istraživanjima drugih autora (Amaechi i Njoku, 2013, Diao i sar., 2014; Xue i sar., 2018). Posmatrajući vrednosti izmerene u sadržaju želuca i tankih creva, trend najniže pH vrednosti ponavljao se u himusu prasadi ogledne grupe O-III, pri čemu u želucu, duodenumu i ileumu nisu zabeležene statistički značajne razlike. U jejunumu kontrolne i oglednih grupa prasadi prikazane su statistički značajne razlike sa najnižom vrednošću izmerenom u himusu ogledne grupe O-II (6,00), što je bilo značajno ($p < 0,01$), u poređenju sa kontrolnom i oglednom grupom prasadi O-I (grafikon 6.17.). Ogledna grupa prasadi O-III ostvarila je za 0,07 višu vrednost pH, što je takođe bilo statistički značajno niže od vrednosti izmerene u kontrolnoj i prvoj oglednoj grupi. Dodatak protektirane benzojeve kiseline u dozi od 2,5 kg/t uzrokovao je najnižu pH vrednost u jejunumu, dok su u ogledu sa sličnom metodologijom Diao i sar. (2014) sa dozom od 5 kg/t zabeležili najnižu pH vrednost u ileumu i cekumu. Posmatrajući debela creva uporedno po grupama, u cekumu i rektumu nisu uzmerene statistički značajne razlike, za razliku od vrednosti u himusu kolona. Najniža vrednost u kolonu ogledne grupe prasadi O-I bila je značajno niža sa stanovišta statističke analize u poređenju sa vrednostima u oglednoj grupi O-III ($p < 0,01$), dok je vrednost u kontrolnoj grupi bila takođe značajno niža od vrednosti u drugoj oglednoj grupi prasadi ($p < 0,01$). Trend smanjenja pH vrednosti duž creva prikazan je i u ogledu sa dodatkom organskih formi minerala od strane Tokarčikove i sar. (2022). Benzojeva kiselina je kiselina sa visokom pK

vrednošću i u digestivnom traktu u većoj meri nalazi se u nedisosovanom obliku (Šefer i sar., 2014). Vrednost elektrohemijske reakcije detektovane u jejunumu ogledne grupe prasadi O-III, kao i rezultati drugih istraživača, navode nas na zaključak da ipak prisustvo protektirane benzoeve kiseline u smešama bilo ključno za smanjenje pH vrednosti (Kluge i sar., 2006; Halas i sar., 2010; Diao i sar., 2014; Diao i sar., 2016; Zhai i sar., 2017).



Legenda: Ista slova ^{A,B} – $p < 0,01$; ^a – $p < 0,05$.

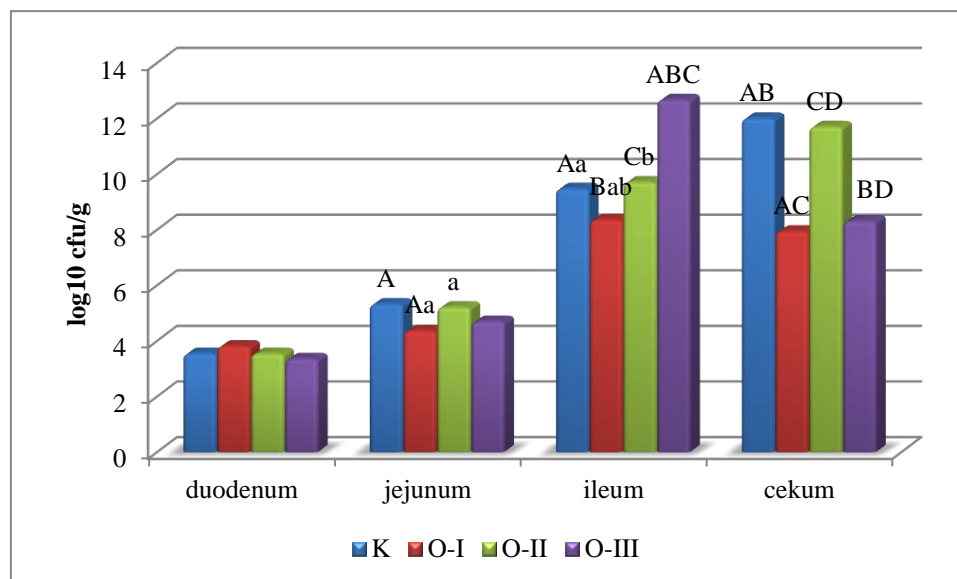
Grafikon 6.17. Prosečne vrednosti pH sadržaja želuca i crevnog sadržaja pojedinih segmenata creva kontrolne i oglednih grupa prasadi

6.6. Mikrobiološka ispitivanja

Intestinalna mikroflora prolazi kroz transformaciju zbog uticaja nutritivnih, psiholoških, ekoloških, fizioloških i društvenih stresora tokom prvih nekoliko dana nakon odlučanja prasadi (Heo i sar., 2015). Na sastav i raznovrsnost mikroflora creva odlučeni prasadi, pored stresora koji se javljaju tokom procesa odlučanja, utiču nivoi i izvori proteina i vlakana u smešama za ishranu prasadi u ovom periodu (Hamer i sar., 2012). Interakcije između crevnih ćelija i crevne mikroflora su izuzetno važne za reciklažu i održavanje sastava hranljivih materija u sadržaju gastrointestinalnog trakta (Xiong i sar., 2019). Međutim, zbog naglog smanjenja konzumacije hrane u danima nakon odlučanja hranljivi sastojci za preživljavanje i razmnožavanje bakterija takođe su ograničeni. Iz ovog razloga, tranzicioni period ishrane u periodu odlučanja po pravilu smanjuje relativnu brojnost bakterija roda *Lactobacillus*, a povećava brojnost rodova *Clostridium* spp., *Prevotella* spp., *Proteobacteriaceae* i *E. coli*, što rezultuje povećanjem mikrobne raznovrsnosti, ali i rizikom od narušavanja zdravstvenog stanja prasadi (Williams i sar., 2005).

U rezultatima našeg eksperimenta prikazan je brojčani status (\log_{10} cfu/g) ukupnih aerobnih bakterija, *E. coli*, *Enterococcus* spp., zatim broj anaerobnih bakterija, *C. perfringens* i *Lactobacillus* spp. u crevnom sadržaju duodenuma, jejunuma, ileuma i cekuma, pri čemu dobijeni rezultati

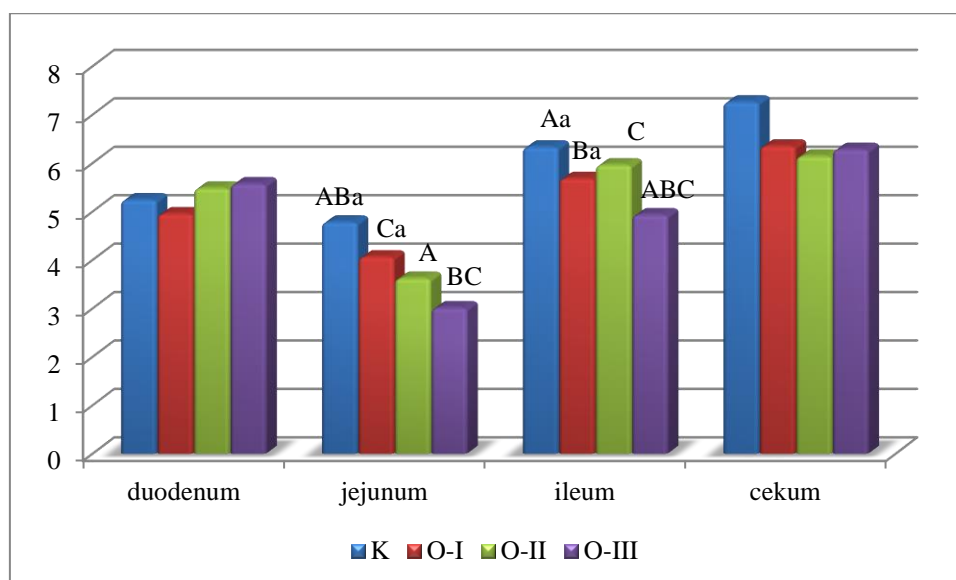
ukazuju da se vrednosti nalaze u fiziološkom okviru (Dibner i Buttin, 2002; Kluge i sar., 2006; Diao i sar., 2014; Gao i sar., 2014; Ahmed i sar., 2018). U našem istraživanju, kroz razlike pri statističkoj analizi podataka prikazan je uticaj dodataka primenjenih u smešama za ishranu ogledne grupe prasadi, kao i njihovi efekti u modulaciji intestinalne mikroflore.



Legenda: Ista slova ^{A,B,C,D} – $p < 0,01$; ^{a,b} – $p < 0,05$.

Grafikon 6.18. Prosečan ukupan broj aerobnih bakterija (\log_{10} cfu/g) kontrolne i oglednih grupa prasadi pojedinih segmenata creva

Statističkom analizom podataka dobijenih brojanjem ukupnih aerobnih bakterija kontrolne i oglednih grupa prasadi ustanovljene su minimalne razlike u vrednostima crevnog sadržaja u duodenumu, dok je u ostalim ispitivanim segmentima uvrđena razlika na nivou $p < 0,05$ i $p < 0,01$ među različitim nutritivnim tretmanima (grafikon 6.18.). Naime, analizirajući sadržaj jejunuma prasadi u eksperimentu, najveći ukupni broj aerobnih bakterija ustanovljen je u kontrolnoj grupi, što je u poređenju sa oglednom grupom prasadi O-I bilo značajno sa stanovišta statističke analize ($p < 0,01$). U ileumu je ubedljivo najveći broj aerobnih bakterija izmeren kod ogledne grupe prasadi O-III, pri čemu je razlika na nivou $p < 0,01$ bila prisutna u poređenju sa svim ostalim grupama prasadi u eksperimentu. U sadržaju cekuma ipak je najveći broj aerobnih bakterija detektovan u kontrolnoj grupi i oglednoj grupi O-II. Prikazani rezultati, s obzirom na visoke vrednosti dobijene analizom rezultata oglednih grupa prasadi sa dodatkom protektirane benzoeeve kiseline, u skladu su sa aktuelnim litarturnim podacima (Guggenbuhl i sar., 2007 i Kluge i sar., 2006).

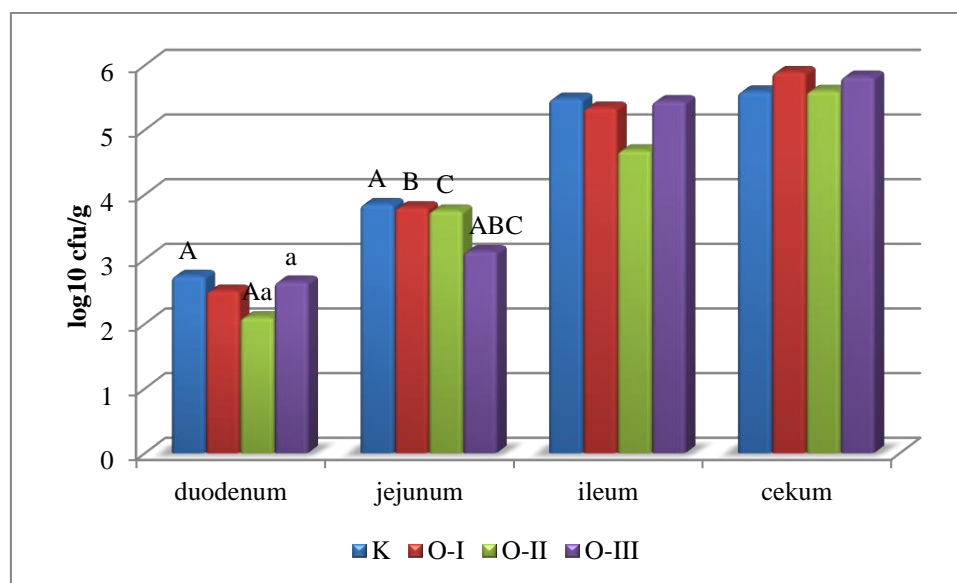


Legenda: Ista slova ^{A,B,C} – $p < 0,01$; ^a – $p < 0,05$.

Grafikon 6.19. Prosečan broj *E. coli* (\log_{10} cfu/g) kontrolne i oglednih grupa prasadi pojedinih segmenata creva

Povećan broj *E. coli*, izazvan stresogenim faktorima u periodu odlučanja, predstavlja jedan od najzastupljenijih uzroka dijareje i edemske bolesti kod prasadi u odgoju (Guggenbuhl i sar., 2007; Gao i sar., 2014; Diao i sar., 2015). Analizom podataka dobijenih brojanjem *E. coli* nisu ustanovljene statistički značajne razlike u vrednostima crevnog sadržaja u duodenumu i cekumu, dok je u jejunumu i ileumu utvrđena statistički značajna razlika na nivou $p < 0,05$ i $p < 0,01$ između kontrolne i oglednih grupa prasadi u eksperimentu (grafikon 6.19.). Najmanja vrednost *E. coli* ustanovljena je u sadržaju jejunuma ogledne grupe O-III, pri čemu je vrednost u oglednoj grupi O-II bila približna, što znači da su prasadi hranjena smešama sa dodatkom protektirane benzojeve kiseline ostvarile najveće smanjenje broja ove bakterijske populacije. U crevnom sadržaju ileuma primećen je isti trend kad je u pitanju ogledna grupa sa dodatkom kombinacije ispitivanih aditiva (O-III), dok je najveći broj *E. coli* ustanovljen u crevnom sadržaju ileuma kontrolne grupe prasadi ($p < 0,01$). Dodatak protektirane forme benzojeve kiseline u smeše za ishranu prasadi ostvaruje važnu ulogu u regulaciji crevne mikroflore supresijom rasta potencijalnih patogenih bakterija (*E. coli*, *C. perfringens*), što je u skladu sa rezultatima dosadašnjih istraživanja Diao i sar. (2014). Benzojeva kiselina održava niži gastrointestinalni pH, obezbeđujući povoljno okruženje za rast *Lactobacillus* (Zentek i sar., 2013, Ahmed i sar., 2014). Shodno tome, korisne bakterije potiskuju kolonizaciju *E. coli* blokiranjem adhezivnih mesta i proizvodnjom kiselih metabolita (Papatsiros i sar., 2011), što je jedan od mehanizama pomoću kojih benzojeva kiselina reguliše sastav crevne mikroflore. Uticaj dodatka helatnih formi mikroelemenata u skladu je sa rezultatima Wang i sar. (2004) koji su sprovedli ogled na prasadima i demonstrirali smanjenje broja *E. coli*. Međutim, rezultati Broom i sar. (2006) pokazali su da je upotrebom cink oksida smanjen broj bakterija mlečne kiseline, ali da nije

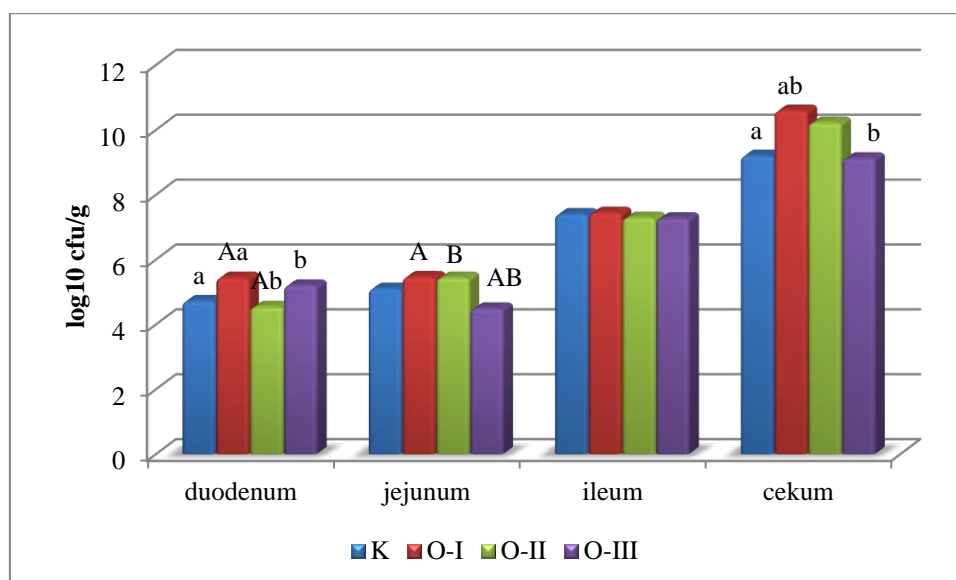
ostvaren uticaj na broj *E. coli* u crevima prasadi, verovatno zbog neorganskog izvora cinka u smešama. Sa promenom izvora cinka, u našem eksperimentu prikazan je pozitivan efekat na brojčano stanje ove bakterijske populacije.



Legenda: Ista slova ^{A,B,C} – $p < 0,01$; ^a – $p < 0,05$.

Grafikon 6.20. Ukupan prosečan broj *Enterococcus* spp. (\log_{10} cfu/g) kontrolne i oglednih grupa prasadi pojedinih segmenata creva

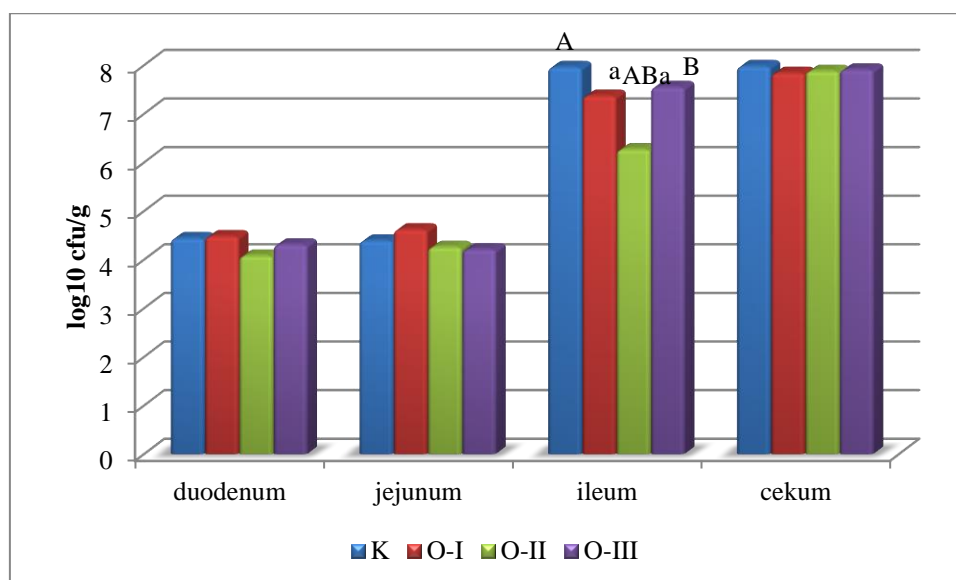
Statističkim poređenjem podataka dobijenih brojanjem bakterija *Enterococcus* spp. prasadi u ogledu nisu ustanovljene statistički značajne razlike u vrednostima crevnog sadržaja ileuma i cekuma, dok je u duodenumu i jejunumu utvrđena statistički značajna razlika na nivou $p < 0,05$ i $p < 0,01$ između kontrolne i oglednih grupa (grafikon 6.20.). Najveće vrednosti *Enterococcus* spp. izmerene su u duodenumu kontrolne i ogledne grupe prasadi O-III, što je bila statistički značajno veća vrednost u poređenju sa oglednom grupom prasadi O-II ($p < 0,05$; $p < 0,01$, pojedinačno), koja je u sadržaju duodenuma imala najmanji broj ove bakterijske populacije. U jejunumu, najmanju vrednost ostvarila je treća ogledna grupa u kojoj su prasad hranjena sa dodatkom kombinacije ispitivanih aditiva i to je bilo statistički značajno u odnosu na sve ostale grupe prasadi u eksperimentu. Rezultati brojanja *Enterococcus* spp. u segmentima tankih creva prasadi u saglasnosti su sa rezultatima dosadašnjih istraživanja u kojima je kao dodatak korišćena benzojeva kiselina u istoj dozi (Torrallardona i sar., 2007; Zhai i sar., 2020), sa identičnim objašnjenjem mehanizma dejstva kao što je u pregledu literature navedeno. Dobijeni rezultati nisu u skladu sa rezultatima Broom i sar. (2006), što je i očekivano jer je u navedenoj studiji korišćena oksidna forma cinka. Ipak, dobijene vrednosti potvrđene su istraživanjem Castillo i sar. (2008) sa upotrebom helatne forme cinka u kombinaciji sa mananoligosaharidima.



Legenda: Ista slova ^{A,B} – $p < 0,01$; ^{a,b} – $p < 0,05$.

Grafikon 6.21. Prosečan ukupan broj anaerobnih bakterija (\log_{10} cfu/g) kontrolne i oglednih grupa prasadi pojedinih segmenata creva

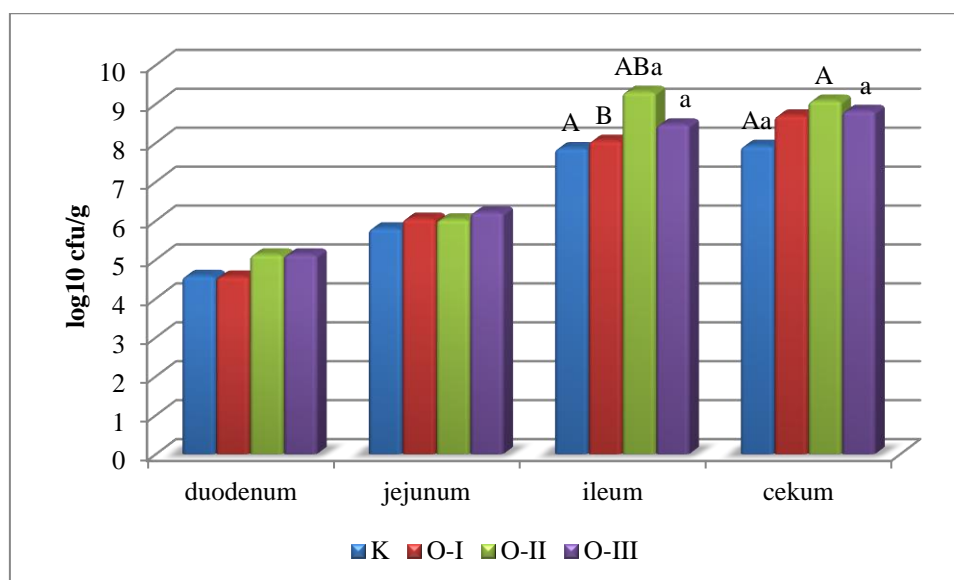
Brojanjem ukupnih anaerobnih bakterija kontrolne i oglednih grupa prasadi ustanovljena je minimalna numerička razlika u crevnom sadržaju ileuma, dok su ispitivani dodaci ostvarili statistički značajan efekat u himusu duodenuma, jejunuma i cekuma (grafikon 6.21). Približno jednak broj anaerobnih bakterija pronađen je u duodenumu kontrolne i ogledne grupe prasadi O-II, što je vrednost statistički značajno manja ($p < 0,05$) od broja ustanovljenog u duodenumu prve i treće ogledne grupe. U jejunumu, najmanji broj detektovan je kod ogledne grupe O-III sa statističkom značajnošću na nivou $p < 0,01$ u poređenju sa oglednim grupama prasadi O-I i O-II. Uzevši u obzir sve grupe prasadi u eksperimentu, najveći broj anaerobnih bakterija pronađen je u cekumu, a prednjačila je ogledna grupa O-I, pri čemu je vrednost bila značajno veća sa stanovišta statističke analize u poređenju sa kontrolnom i oglednom grupom O-III. Antimikrobno delovanje protektirane benzoeve kiseline pokazalo je efekte na primeru broja anaerobnih bakterija u sadržaju duodenuma i jejunuma, gde je u grupama koje su u smešama dobijale ovaj dodatak došlo do smanjenja vrednosti u poređenju sa ostalim grupama prasadi u eksperimentu. Sličan efekat ostvarili su i Zhai i sar. (2020) dodatkom iste doze benzoeve kiseline. Da postoji sinergistički efekat helatnih formi mikroelemenata sa protektiranom benzoevom kiselinom pokazuju pojedine studije u kojima je isti efekat postignut upotrebom helatne forme zinka (Wang i sar., 2004).



Legenda: Ista slova ^{A,B} – $p < 0,01$; ^a – $p < 0,05$.

Grafikon 6.22. Ukupan prosečan broj *C. perfringens* (log₁₀ cfu/g) kontrolne i oglednih grupa prasadi pojedinih segmenata creva

Analizom rezultata dobijenih brojanjem bakterija *C. perfringens*, kao jednom od potencijalnih uzročnika dijareje kod prasadi u odgoju, u ispitivanim intestinalnim segmentima prasadi u ogledu statistički značajne razlike pronađene su u himusu ileuma, dok ispitivani dodaci nisu ostvarili uticaj na brojčano stanje ove bakterijske populacije u crevnom sadržaju duodenuma, jejunuma i cekuma (grafikon 6.22.). Najmanji broj *C. perfringens* u sadržaju ileuma ostvarila je ogledna grupa O-II sa statistički značajnom razlikom u poređenju sa kontrolnom grupom i oglednom grupom prasadi O-III ($p < 0,01$), ali i u poređenju sa prvom oglednom grupom ($p < 0,05$). Dodatak protektirane forme benzoeeve kiseline u smeše za ishranu prasadi ostvaruje važnu ulogu u regulaciji crevne mikroflore stimulisanjem rasta korisnih bakterija (*Lactobacillus*) i smanjenjem rasta potencijalnih patogenih bakterija (*E. coli*, *C. perfringens*), što je u skladu sa rezultatima dosadašnjih istraživanja (Kluge i sar., 2006; Diao i sar., 2014). U ovom eksperimentu, u ishrani oglednih grupa prasadi sa dodatkom protektirane benzoeeve kiseline korišćena je doza od 2,5 kg/t, za razliku od eksperimenata koje su objavili Kluge i sar. (2006) i Gao i sar. (2014) koji su koristili dozu od 5 kg/t benzoeeve kiseline u *in vivo* i *in vitro* eksperimentima. Iz rezultata pomenutih eksperimenata zaključujemo da visoka koncentracija benzoeeve kiseline u ishrani prasadi može smanjiti rast *Lactobacillus* spp. u crevima.



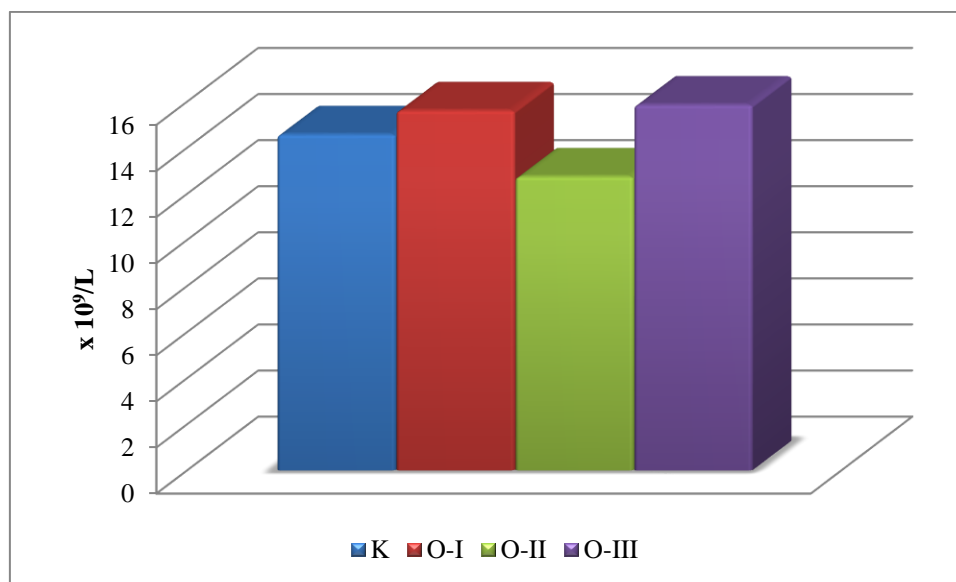
Legenda: Ista slova ^{A,B} – $p < 0,01$; ^a – $p < 0,05$.

Grafikon 6.23. Ukupan prosečan broj *Lactobacillus* spp. (\log_{10} cfu/g) kontrolne i oglednih grupa prasadi pojedinih segmenata creva

U našem istraživanju, prosečan broj bakterijske populacije *Lactobacillus* spp., kao jednog od predstavnika korisne crevne mikroflore, rastao je idući ka zadnjim partijama gastrointestinalnog trakta. Razlike u brojčanom stanju *Lactobacillus* spp. u crevnom sadržaju duodenuma i jejunuma nisu bile statistički značajne, sa povećanjem broja u oglednim grupama prasadi. Statistički značajne razlike ustanovljene su u himusu ileuma, a najveći broj utvrđen je kod ogledne grupe prasadi O-II, sa nivoom značajnosti $p < 0,01$ u poređenju sa kontrolnom i oglednom grupom prasadi O-I, ali i u poređenju sa vrednostima u oglednoj grupi O-III ($p < 0,05$). U sadržaju cekuma, najmanji broj *Lactobacillus* spp. pronađen je u kontrolnoj grupi prasadi, što je bilo statistički značajno manje od vrednosti ustanovljene kod ogledne grupe O-II ($p < 0,01$), ali i ogledne grupe O-III ($p < 0,05$). U ovom istraživanju zabeleženo je smanjenje broja *E. coli* u jejunumu i ileumu u grupama prasadi hranjenih dodatkom helatnih oblika mikroelemenata, dok je broj bakterija roda *Lactobacillus* u cekumu povećan. Suprotno tome, Castillo i sar. (2008) objavili su da se broj laktobacila u crevnom sadržaju ne razlikuje između prasadi koja su hranjena neorganskim i helatnim formama cinka. Razlog tome možemo tražiti u činjenici da su u ishrani prasadi ogledne grupe u našem istraživanju korišćene helatne forme mangana i bakra, pored cinka. Takođe, u sadržaju cekuma i ileuma zabeleženo je selektivno antimikrobno dejstvo protektirane benzoeve kiseline, što je u saglasnosti sa rezultatima objavljenim od strane drugih istraživača (Torrallardona i sar., 2007; Diao i sar., 2015; Mao i sar., 2019).

6.7. Hematološki i biohemijski parametri

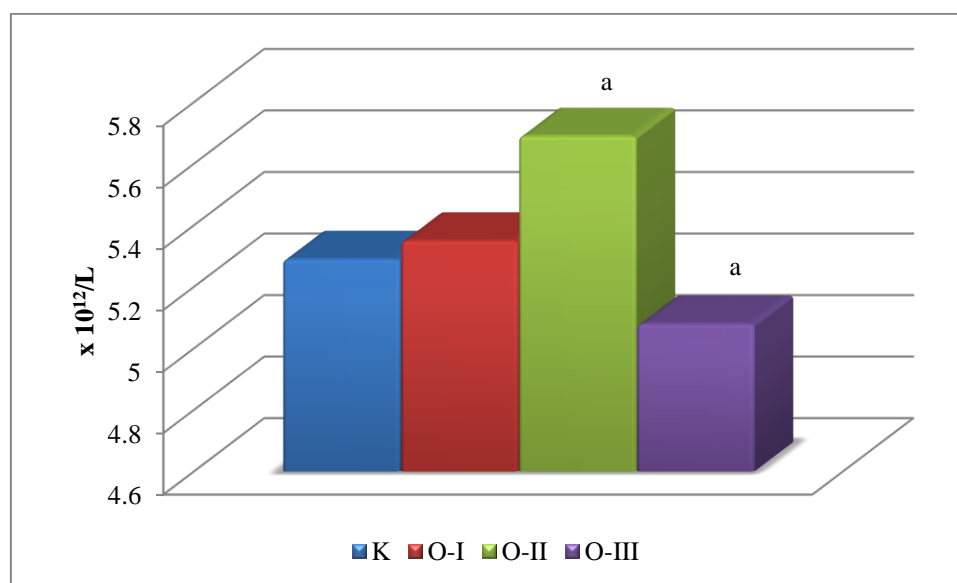
Krvna slika i biohemijski profil svinja dobar su pokazatelj zdravstvenog stanja, a promene vrednosti određenih parametara mogu se koristiti za procenu narušavanja fiziološke funkcije organizma, kao i rada organa (Huang i sar., 2022). Parametri eritrocita pokazatelji su potencijalnog anemičnog stanja u organizmu, leukocita stanja infekcije, a trombociti koagulantne sposobnosti organizma (Devi i sar., 2016). Prema istraživanju Bhattarai i Nielsen, (2015), nije ustanovljena povezanost između vrednosti parametara krvne slike i proizvodnih rezultata kod prasadi u odgoju. Koncentracija ukupnog i direktnog bilirubina, alanin aminotransferaze, aspartat aminotransferaze i alkalne fosfataze povezana je sa procenom funkcije jetre, uree i kreatinina sa funkcijom bubrega, dok trigliceridi, holesterol i glukoza učestvuju u metabolizmu masti (Zhang i sar., 2024). S obzirom da proces odlučanja prasadi predstavlja skup stresogenih faktora koji potencijalno mogu uticati na metabolizam i rad organa, iz uzoraka krvi prasadi u eksperimentu analiziran je hematološki i kompletni biohemijski profil sa ciljem spoznavanja razlika među nutritivnim tretmanima. Analiza datih parametara iz uzoraka krvi prasadi u eksperimentu pokazuje da su sve vrednosti bile u okviru fizioloških granica, što je bio jedan od osnovnih preduslova za adekvatno zdravstveno stanje životinja tokom trajanja oglada (Kil i sar., 2006; Wang i sar., 2009; Zhao i sar., 2012; Yan i sar., 2013; Devi i Kim, 2014).



Grafikon 6.24. Prosečan broj leukocita (x 10⁹/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Rezultati dobijeni hematološkim analizama pokazuju da hranidbeni tretmani ne ostvaruju uticaj na većinu ispitivanih parametara. Ustanovljene razlike između različitih nutritivnih tretmana nisu bile statistički značajne u broju leukocita, sadržaju hemoglobina i vrednostima MCV, MCH, MCHC, MPV. Rezultati ovog istraživanja su u saglasnosti sa rezultatima Devi i sar. (2016), koji su koristili 2000 mg/kg protektiranih organskih kiselina u smešama za ishranu krmača i prasadi i

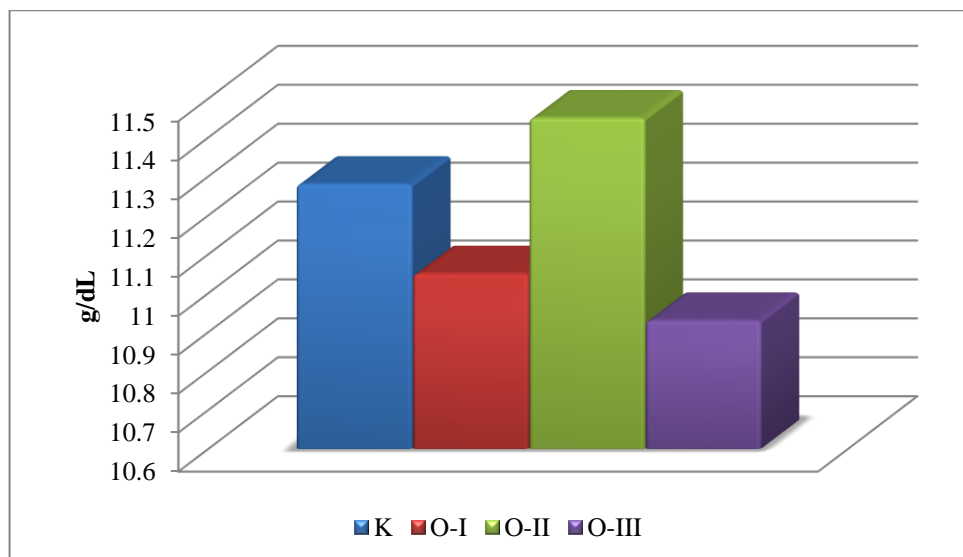
utvrdili da nema značajnih razlika između grupa prasadi u eksperimentu. Sa druge strane, Ravindran i Kornegay (1993) tvrde da se sa dodatkom organskih kiselina povećavaju vrednosti bele krvne loze. U pojedinim istraživanjima dokazano je da dodatak benzoeve kiseline, pogotovo u prekomernoj dozi od 5000 mg/kg, može oštetiti bela krvna zrnca i limfocite (Ibekwe i sar., 2007; Yılmaz i sar., 2009). Procena i poređenje rezultata dobijenih hematološkim analizama nezahvalno je zbog specifičnog zdravstvenog statusa prasadi tokom svakog od pojedinačnih oglada, kao i različitog vakcinalnog statusa životinja na oglednoj farmi.



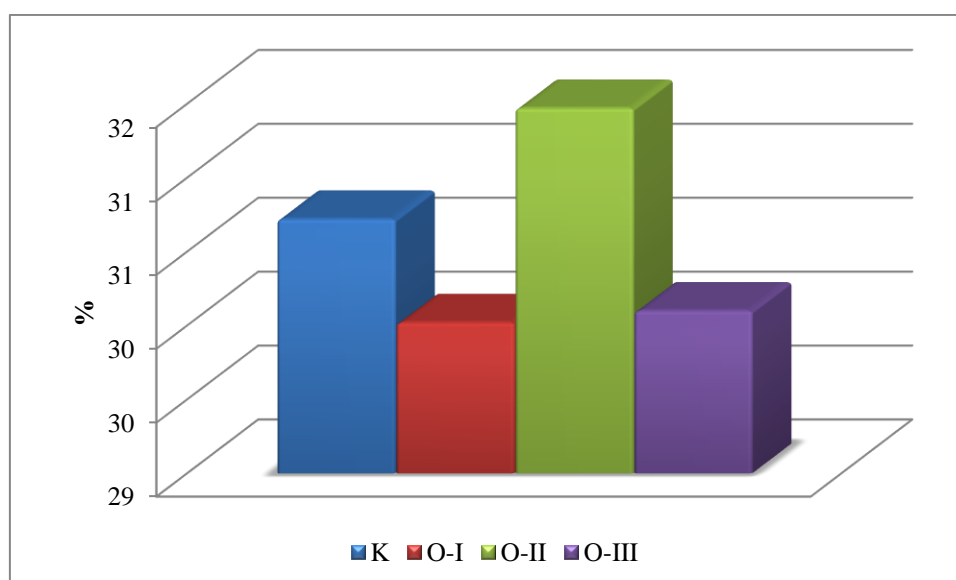
Legenda: Isto slovo u koloni ^a - $p < 0,05$.

Grafikon 6.26. Prosečan broj eritrocita ($x 10^{12}/L$) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Ustanovljen je najmanji broj eritrocita u oglednoj grupi prasadi O-III, što je u poređenju sa brojem eritrocita ogledne grupe O-II bilo značajno ($p < 0,05$), dok su razlike sa kontrolnom i oglednom grupom prasadi O-I bile numeričke (grafikon 6.26). Identični rezultati prikazani su u ogledu Rupić i sar. (1998), gde je dodatkom helatne forme cinka smanjen broj eritrocita i sadržaj hemoglobina. Suprotno navedenim podacima, u pojedinim istraživanjima nije bilo promene broja eritrocita među nutritivnim tretmanima koji su podrazumevali različite forme mikroelemenata u ishrani (Oh i sar., 2022). Kao važna komponenta u sistemu cirkulacije krvi, eritrociti nose molekul kiseonika (Alaiash, 1999). Abnormalni status crvenih krvnih zrnaca sugeriše da bi prekomerna količina benzoeve kiseline mogla imati potencijalnu toksičnost za krvne ćelije (Shu i sar., 2016).

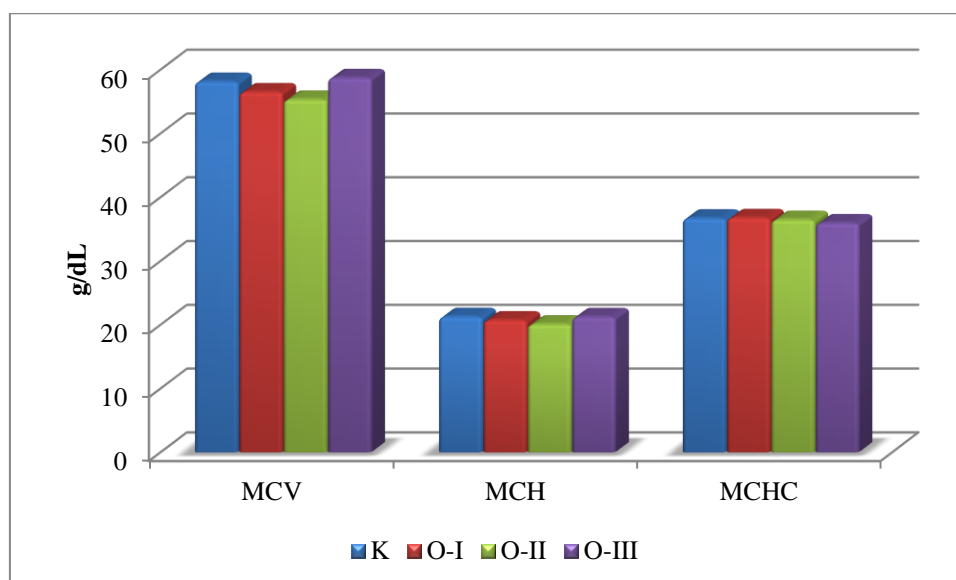


Grafikon 6.27. Prosečna vrednost hemoglobina (g/dL) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

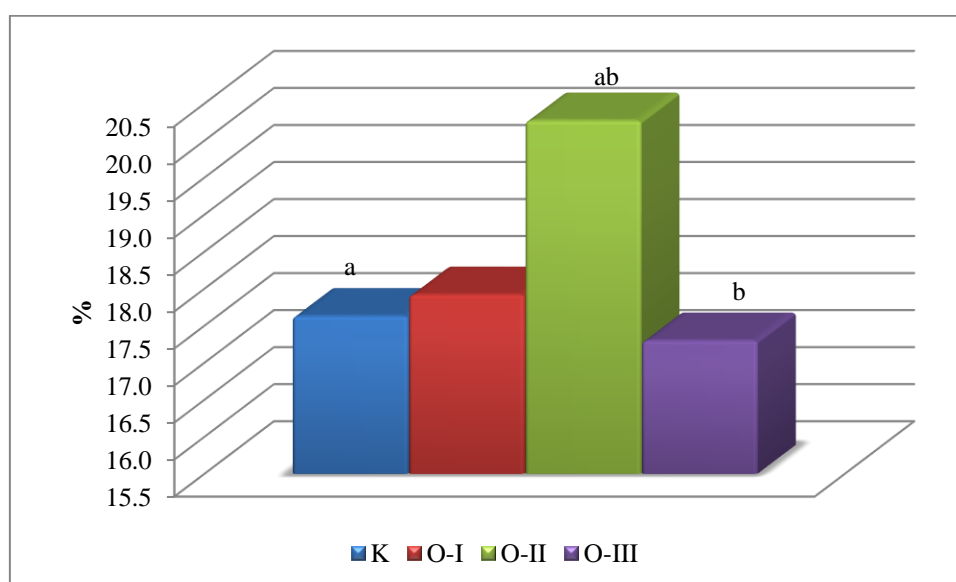


Grafikon 6.28. Prosečna vrednost hematokrita (%) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Hematokrit i parametri punjenosti eritrocita su indirektni odraz veličine i zapremine crvenih krvnih zrnaca, a smanjena eritropoeza doprinosi patogenezi anemije (Dondorp i sar., 1999). Rezultati Shu i sar. (2016) pokazali su da dodatak 5,0% benzoeve kiseline smanjuje hematokrit i MCV prasadi, za razliku od našeg istraživanja u kome nisu ustanovljene razlike u datim parametrima, a korišćena je doza od 2500 mg/kg. Takođe, parametar koncentracije hemoglobina povećavao se u pojedinim istraživanjima pod uticajem dodatka identične doze benzoeve kiseline, što je i prikazano u ogledu Jackson i sar., (2008).



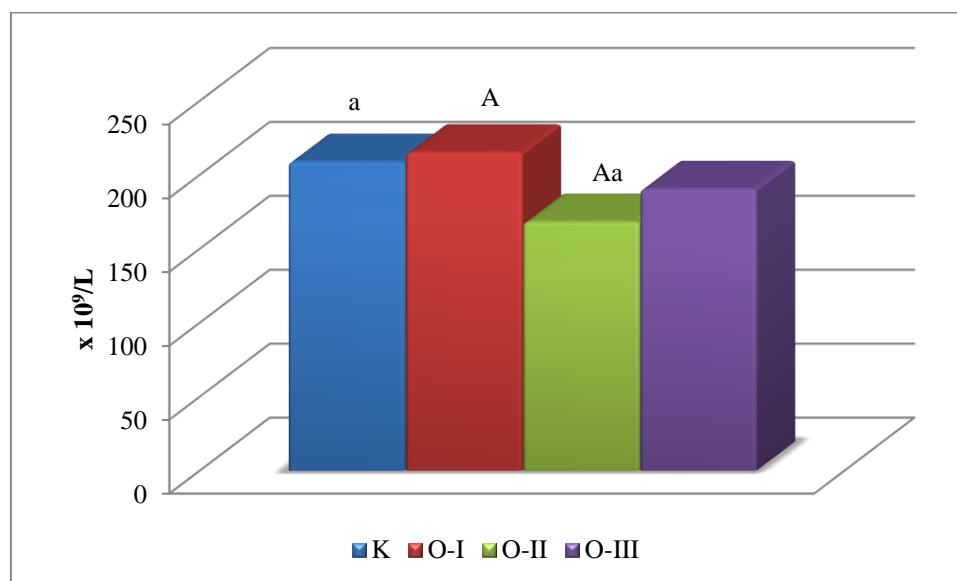
Grafikon 6.29. Prosečne vrednosti MCV, MCH i MCHC kontrolne i oglednih grupa prasadi, g/dL (n=6)



Legenda: Ista slova u koloni ^{a, b} - $p < 0,05$.

Grafikon 6.30. Prosečna vrednost RDW CV (engl. Red blood cell distribution width) kontrolne i oglednih grupa prasadi, % (n = 6)

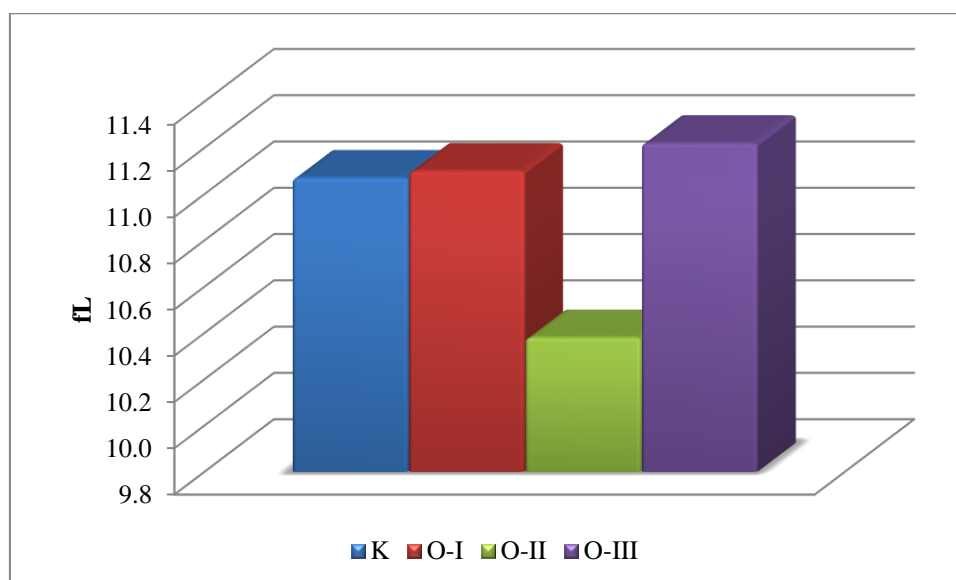
Najveća vrednost indeksa anizocitoze - RDW CV zabeležena je u oglednoj grupi prasadi sa dodatkom protektirane benzojeve kiseline, a statistički značajne razlike utvrđene su sa vrednostima u grupama K i O-III na nivou $p < 0,05$ (grafikon 6.30.). RDW CV je mera varijabilnosti u veličini eritrocita, koja može biti pojačana usled nekih poremećaja krvi i kardiopulmonalnog sistema (Tanindi i sar, 2012; Zorlu i sar., 2012). Istovetni rezultati, sa povećanjem ovog parametra u grupama prasadi koje su konzumirale istu dozu benzojeve kiseline, objavljeni su od strane Shu i sar. (2016).



Legenda: Ista slova u koloni ^A - $p < 0,01$; ^a - $p < 0,05$.

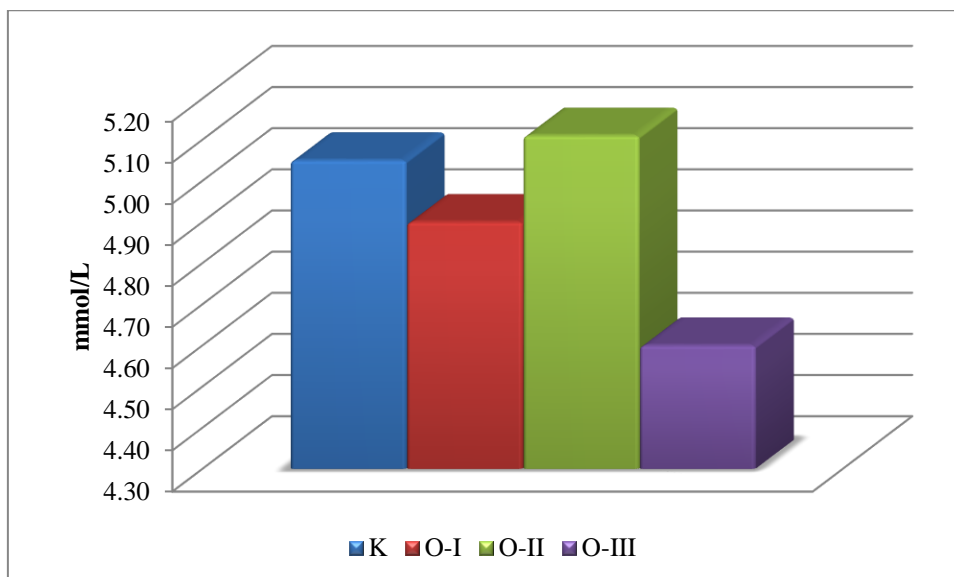
Grafikon 6.31. Prosečna vrednost trombocita ($\times 10^9/L$) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Značajne razlike u parametru punjenosti trombocita nisu pronađene ($p < 0,05$), ali je najmanji broj trombocita utvrđen u oglednoj grupi prasadi O-II koja su u smešama za ishranu dobijala dodatak protektirane benzoewe kiseline, što je u poređenju sa oglednom grupom O-I bilo statistički značajno na nivou $p < 0,01$, a u odnosu na kontrolnu grupu na nivou $p < 0,05$ (grafikon 6.31.). U suprotnosti sa pronađenim vrednostima u našem istraživanju, O'Meara i sar., (2020) dokazali su da se pri korišćenju iste doze benzoewe kiseline kod tovniih svinja povećava broj trombocita. U našem istraživanju, zdravstveni status posmatran sa aspekta hematoloških parametara nije bio promenjen pod uticajem ispitivanih dodataka. Uticaj imunog sistema krmača i sastav kolostruma koji su prasadi konzumirala je nepoznanica, pa se pojedine razlike u nutritivnim tretmanima mogu pripisati ovoj činjenici (Heuß i sar., 2019).



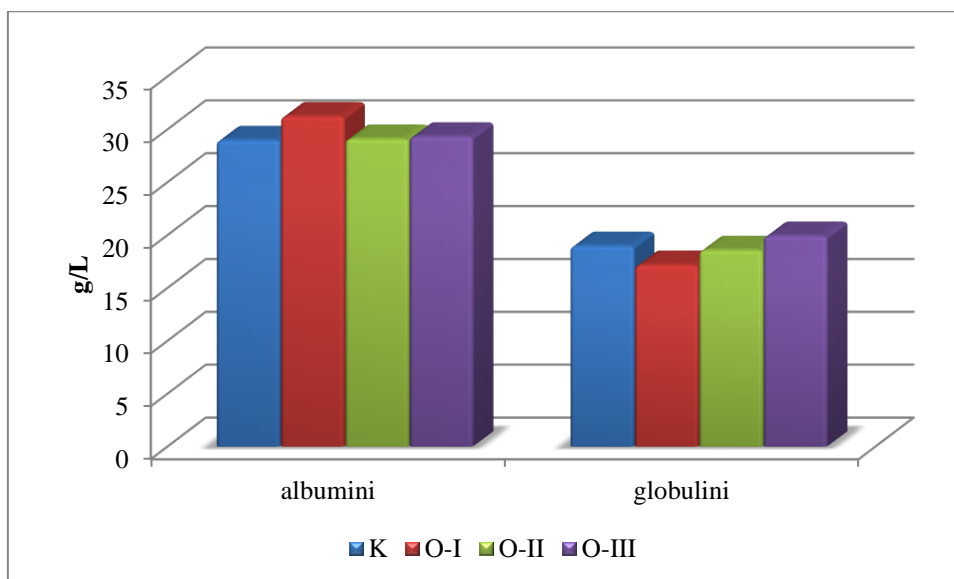
Grafikon 6.32. Prosečna vrednost MPV (engl. Mean platelet volume) kontrolne i oglednih grupa prasadi, fL (n = 6)

Biohemijski parametri predstavljaju skup osnovnih indikatora metaboličkog statusa koji je efikasan u proceni zdravstvenog stanja životinje (AL-Shinnawy 2009). Tumačenjem rezultata biohemijskih analiza seruma prasadi u eksperimentu uočljivo je da se vrednosti parametara ne menjaju značajno pod uticajem primenjenih hranidbenih tretmana. Ustanovljene razlike u koncentraciji glukoze, albumina, globulina, uree, ukupnog bilirubina, direktnog bilirubina, ukupnog holesterola, kreatin kinaze – CK, alanin aminotransferaze – ALT, alkalne fosfataze – ALP, laktat dehidrogenaze – LDH, imunoglobulina A – IgA, imunoglobulina G – IgG i transferina minimalne su i nisu statistički značajne. Navedeni rezultati sugerišu da upotreba ispitivanih dodataka nije ostvarila štetan uticaj na metabolizam lipida i funkciju jetre (Zhang i sar., 2024).



Grafikon 6.33. Prosečna vrednost glukoze (mmol/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

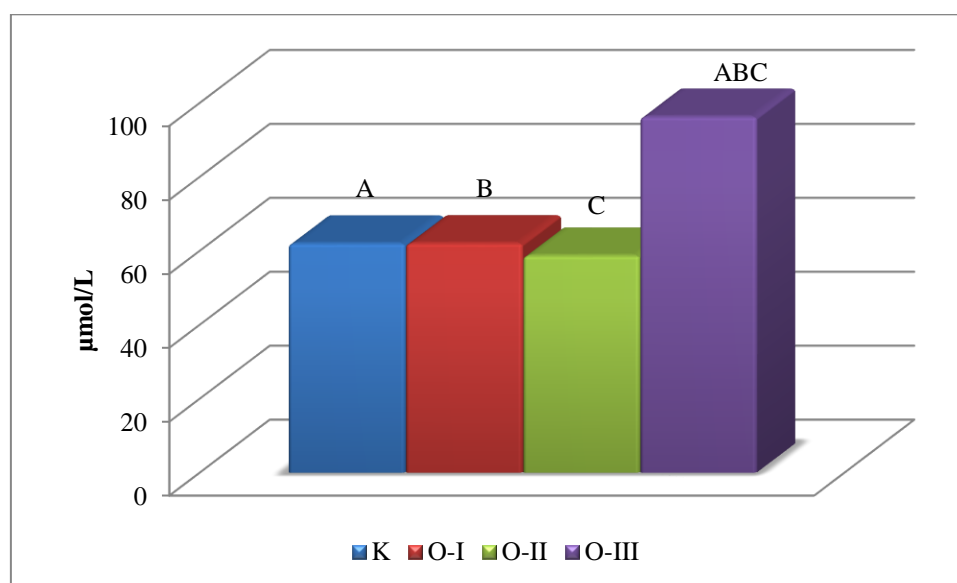
Glukoza ima širok spektar izvora jer skrob, glikogen u mišićima i maltoza mogu da se konvertuju u glukozu, povećavajući njenu serumsku koncentraciju. Parametar glukoze nije se menjao u odnosu na primenjene nutritivne tretmane (grafikon 6.33.), što je u saglasnosti sa rezultatima autora Wu (2007), koji je u svom istraživanju koristio različite forme mikroelemenata u ishrani prasadi nakon odlučnja. Ovakvi rezultati pokazuju da se koncentracija glukoze ne menja uz upotrebu različitih izvora mikroelemenata, kao ni protektiranih formi organskih kiselina (Lei i sar., 2018).



Grafikon 6.34. Prosečna vrednost albumina i globulina (g/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

Jetra je organ u kome se odvijaju izuzetno intenzivni metabolički procesi, pogotovo kad su u pitanju proteini. Iz ovog razloga, jetra je glavno mesto za sintezu serumskih proteina. Sadržaj svake

frakcije proteina u serumu može odražavati metabolički status proteina u jetri kao odgovor na različite nutritivne tretmane kod prasadi u odgoju. Dalje, promene u koncentraciji uree, kao glavnog sporednog proizvoda metabolizma proteina, može odražavati status celog organizma u vezi sa metabolizmom i iskorišćavanjem aminokiselina kod životinja (Eggum, 1970). U istraživanju Wang i Wu, (2011), smanjena je serumska koncentracija proteina kod prasadi hranjenih sa dodatkom cinka vezanog za metionin, za razliku od našeg istraživanja gde nije bilo razlika među hranidbenim tretmanima. Koncentracija uree u serumu ogledne grupe prasadi hranjenih sa dodatkom helatnih formi mikroelemenata bila je numerički najmanja, što je u saglasnosti sa rezultatima Zhang i sar. (2018) i može ukazivati na poboljšanje sinteze proteina ili smanjenje metabolizma proteina kod životinja. U suprotnosti sa našim rezultatima, u prethodnim istraživanjima prikazan je efekat značajnog povećanja albumina i smanjenja sadržaja uree usled suplementacije benzoevom kiselinom (Shu i sar., 2016; Zhang i sar., 2024). Ovakvi rezultati mogu ukazati da dodatak protektirane benzoeve kiseline poboljšava anabolizam proteina do određenog stepena, ostvarujući pozitivan uticaj na proizvodne performanse prasadi.

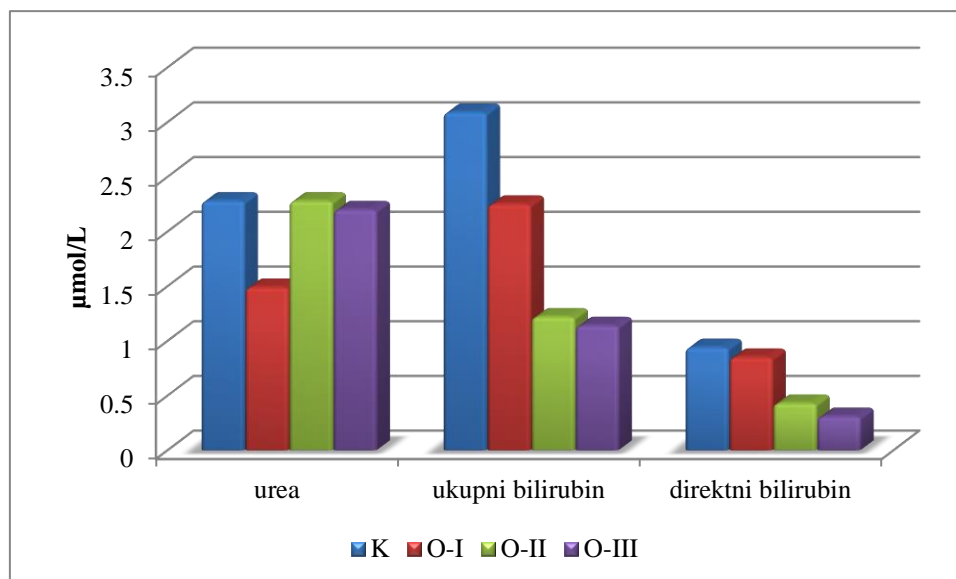


Legenda: Ista slova u koloni ^{A, B, C} - $p < 0,01$.

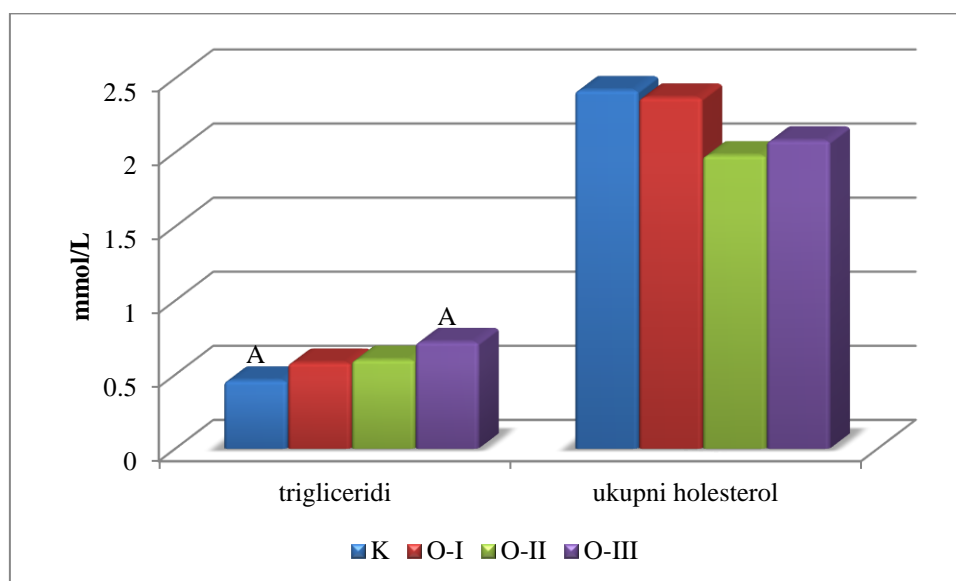
Grafikon 6.35. Prosečna vrednost kreatinina ($\mu\text{mol/L}$) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

Kreatinin je jedinjenje koje u organizmu nastaje kao sporedni produkt metabolizma proteina, razgradnjom kreatin fosfata u mišićima. Iz organizma ga izlučuju bubrezi mokraćom, u kojoj ga ima u najvećoj koncentraciji, pa nomenklaturno predstavlja parametar zdravlja ovog organa. Izmerena koncentracija kreatinina bila je najveća u serumu ogledne grupe prasadi O-III, što je bilo značajno sa stanovišta statističke analize u odnosu na sve ostale grupe u eksperimentu ($p < 0,01$). Prikazane vrednosti nisu u saglasnosti sa rezultatima Lei i sar. (2018) koji su u istraživanjima koristili dodatak protektirane forme organskih kiselina u dozi od 1000 mg/kg. Isti

autori objavili su rezultate identične prikazanim kad su u pitanju parametri uree i alanin aminotransferaze, dok je u našem istraživanju ogledna grupa prasadi hranjena sa kombinacijom ispitivanih dodataka ostvarila statistički značajno veću vrednost aspartat aminotransferaze u odnosu na kontrolnu grupu.



Grafikon 6.36. Prosečne vrednosti uree, ukupnog i direktnog bilirubina ($\mu\text{mol/L}$) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

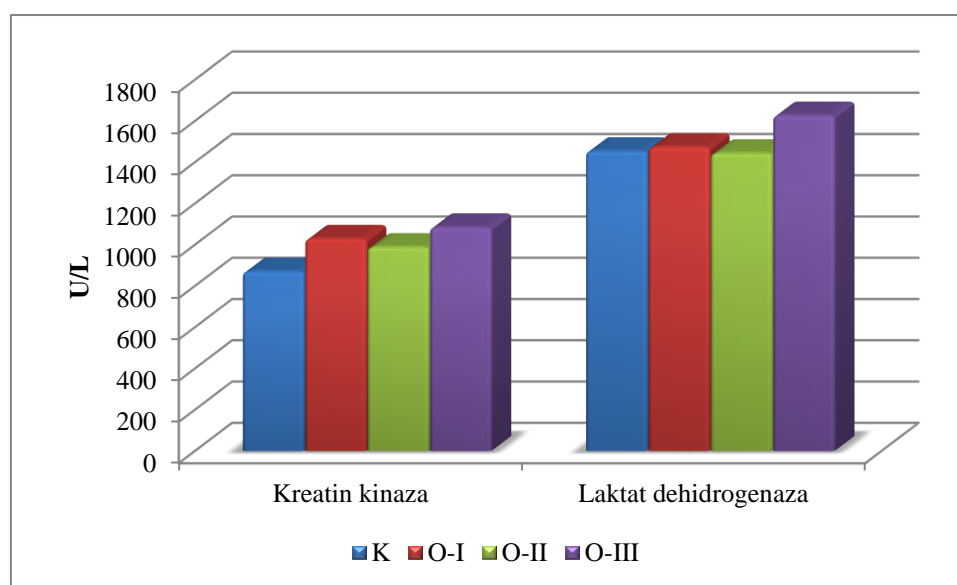


Legenda: Ista slova u koloni ^A - $p < 0,01$.

Grafikon 6.37. Prosečne vrednosti triglicerida i ukupnog holesterola (mmol/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

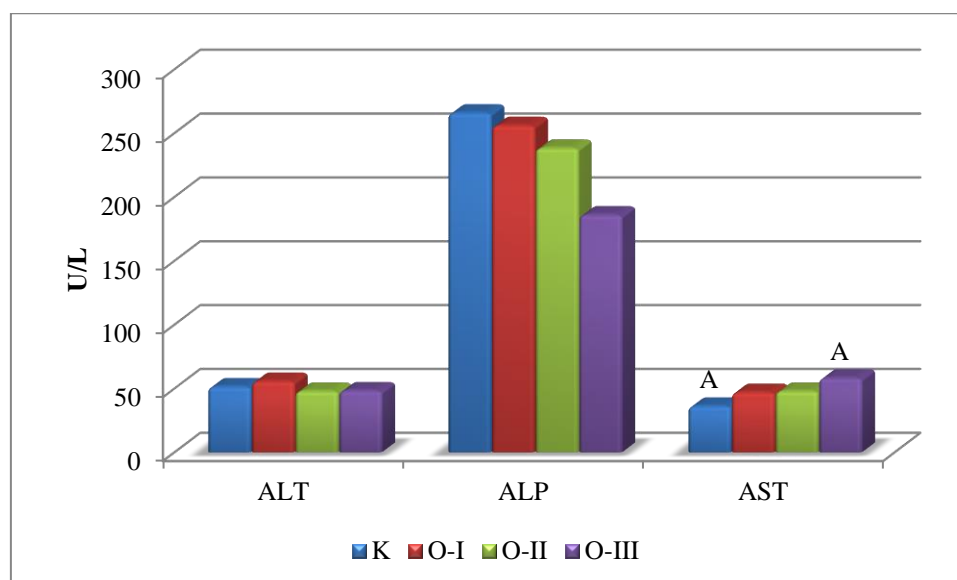
Vrednost ukupnog holesterola u serumu odražava lipometabolički status. Uglavnom se sintetiše u jetri, a skladišti se u masnom tkivu. Većina tkiva može da koristi produkt razgradnje triglicerida sa ciljem da obezbedi energiju. Koncentracija ukupnog holesterola nije se menjala kroz različite nutritivne tretmane. Ipak, u pojedinim istraživanjima gde je kao dodatak korišćen različit

izvor masti u smešama za ishranu prasadi, došlo je do povećanja vrednosti ovog parametra, konkretno pri dodatku kokosovog ulja (Allan i sar., 2001). Najmanja vrednost koncentracije triglicerida detektovana je u kontrolnoj grupi, a najveća u O-III grupi, pri čemu je razlika izražena nivoom značajnosti $p < 0,01$ (grafikon 6.37.). Dobijeni rezultati su u suprotnosti sa rezultatima Oh i sar. (2022) koji su u istraživanjima koristili helatnu formu cinka i u oglednim grupama detektovali niže vrednosti triglicerida. Smanjenje koncentracije holesterola i konstantna koncentracija triglicerida prikazana je i u rezultatima Wang i Wu, (2011) koji su u svom istraživanju takođe koristili zink-metionat.



Grafikon 6.38. Prosečne vrednosti kreatin kinaze i laktat dehidrogenaze (U/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

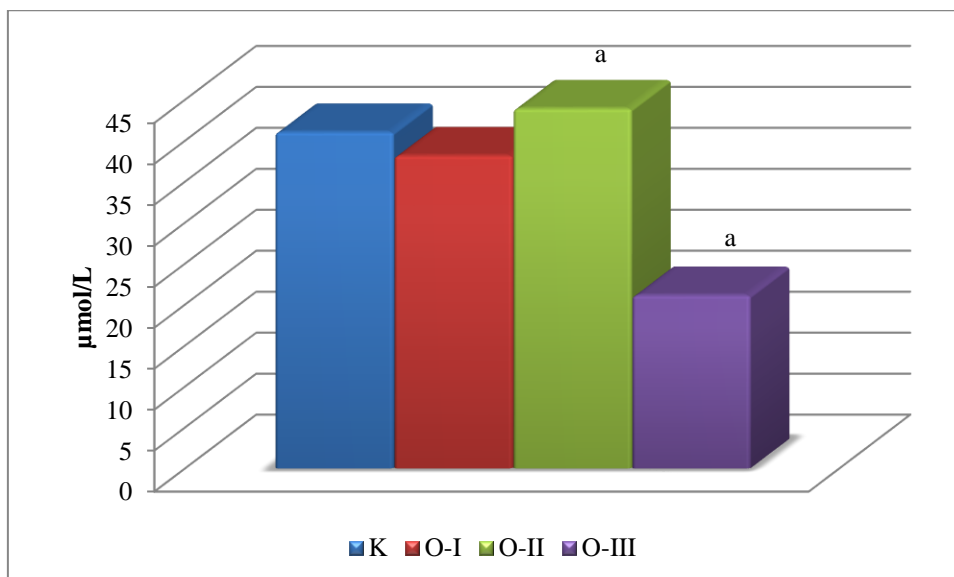
Serumska aktivnost laktat dehidrogenaze povezana je sa zdravstvenim stanjem hepatocita. Povećana koncentracija ovih enzima u serumu često pokazuje patološka stanja u jetri ili u žučnoj kesi. Wang i sar. (2003) sugerisali su da dodatak helatnih formi mikroelemenata vezanih za metionin obogaćuje serumsku aktivnost laktat dehidrogenaze, što je u suprotnosti sa našim rezultatima kod kojih je vrednost laktat dehidrogenaze ostala ista kroz različite nutritivne tretmane (grafikon 6.38.). Sudeći po vrednostima svih parametara jetre koji su bili u fiziološkim granicama, primenjeni dodaci nisu ostvarili negativan uticaj na ćelija jetre i druge organe.



Legenda: Isto slovo u koloni ^A - $p < 0,01$.

Grafikon 6.39. Prosečne vrednosti ALT, ALP i AST (U/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 6)

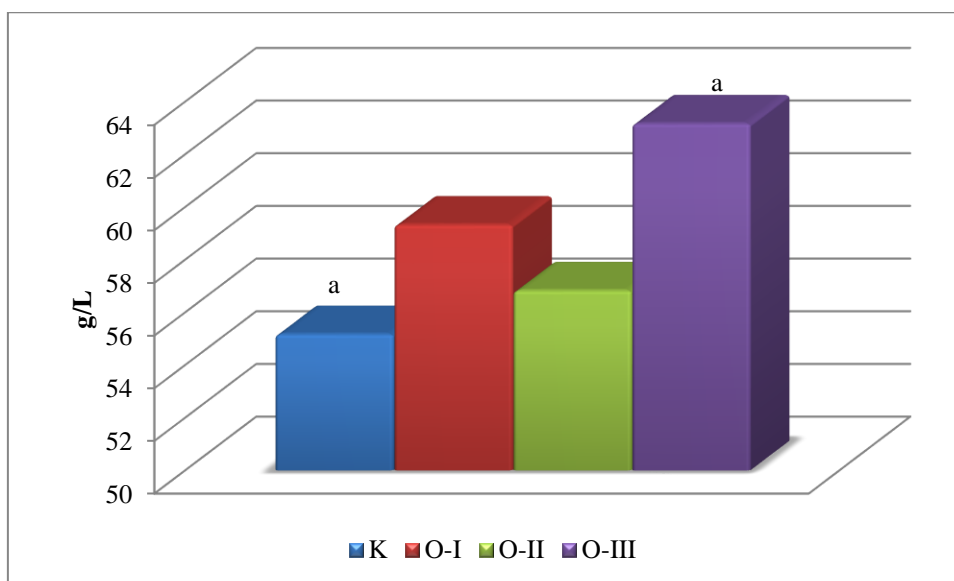
Biohemijski parametri seruma, aktivnosti ALP, AST i ALT koje su prikazane na grafikonu 6.39., mogu odražavati metabolički status jetre i bubrega, pri čemu su usko povezani sa performansama rasta prasadi (Yablanski 1986). Transaminaze, odnosno aminotransferaze (ALT i AST) predstavljaju dva važna enzima sadržana uglavnom u jetri, pa predstavljaju parametre koji ukazuju na pravilno funkcionisanje ovog organa s obzirom da ih jetra koristi za produkciju glikogena. Alkalna fosfataza (ALP) je enzim koji katalizuje oslobađanje neorganskog fosfora iz hidrolize fosfatnog monoestara. Takođe, pojedini autori uvrđili su da aktivnost alkalne fosfataze ima važnu ulogu u detoksikaciji patogenog bakterijskog lipopolisaharidnog endotoksina i da je jedan od nosilaca zaštitnog mehanizma u slučaju zapaljenja creva, ali i da je smanjena u prvim danima nakon odlučjenja (Lackeyram i sar., 2010). Cink je neophodan element za sintezu ALP, a nivo cinka u telu je u pozitivnoj korelaciji sa aktivnošću ovog enzima. Eksperiment sa pacovima je pokazao da nivo cinka u ishrani utiče na aktivnost ALP (Sun i sar., 2005). U prethodnim istraživanjima prikazano je da aktivnost ALP u serumu prasadi nakon procesa odlučjenja raste sa dodatkom helatne forme cinka, što pokazuje da je nivo ALP u pozitivnoj korelaciji sa sistemskim nivoima Zn (Zhang i sar., 2018).



Legenda: Isto slovo u koloni ^a - $p < 0,05$.

Grafikon 6.40. Prosečna vrednost mokraćne kiseline ($\mu\text{mol/L}$) kontrolne i oglednih grupa prasadi ($n = 6$)

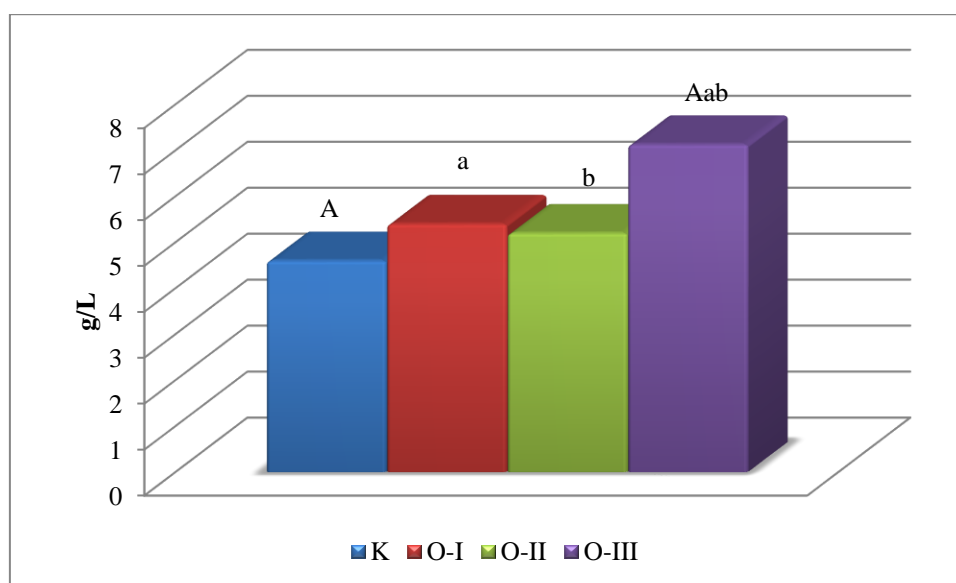
Mokraćna kiselina je supstanca koja nastaje kao nusprodukt varenja hrane. Najveći deo mokraćne kiseline se razređuje i rastvara u krvi i filtrira u bubrežima, nakon čega se izlučuje putem urina. Međutim, često može doći do poremećaja koji povećavaju proizvodnju ove kiseline ili onemogućavaju njeno filtriranje iz krvi. Najmanja vrednost mokraćne kiseline zabeležena je u trećoj oglednoj grupi, a razlika sa vrednošću u oglednoj grupi O-II opisana je nivoom značajnosti $p < 0,05$ (grafikon 6.40.). Ovaj rezultat ukazuje na intenzivne procese u metabolizmu proteina kod oglednih grupa prasadi, što može biti povezano sa vrednostima prirasta i proizvodnih performansi.



Legenda: Isto slovo u koloni ^a - $p < 0,05$.

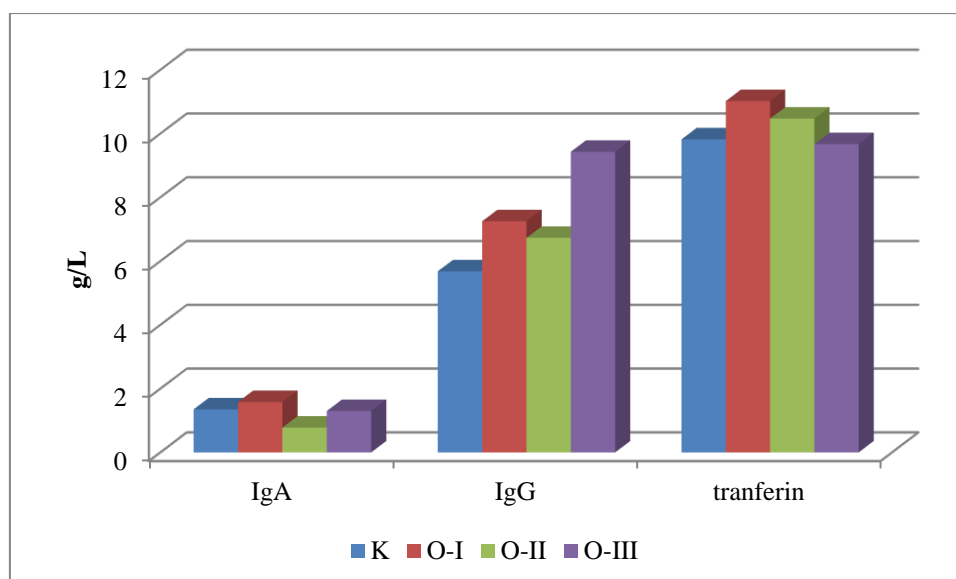
Grafikon 6.41. Prosečna vrednost ukupnih proteina (g/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi na elektroforezi ($n = 6$)

Koncentracija ukupnih proteina u ogleđnoj grupi O-III bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) u poređenju sa koncentracijom u kontrolnoj grupi (grafikon 6.41.). Koristeći helatni cink kao dodatak, Ayman Ahmed i sar. (2011) nisu ustanovili razlike u vrednostima ukupnih proteina. To bi značilo da je dodatak protektirane benzojeve kiseline zaslužan za povećanje vrednosti ukupnih proteina u ogleđnoj grupi prasadi O-III, mada ne postoje takvi podaci kod drugih istraživača (Halas i sar., 2010). Parametar na elektroforezi, proteini velike molekulske mase - HMW, značajno se menjao kroz različite nutritivne tretmane u ogleđu. Najveća koncentracija utvrđena je u ogleđnoj grupi prasadi O-III, što je vrednost statistički značajno veća u poređenju sa kontrolnom grupom ($p < 0,01$), ali u sa ostalim ogleđnim grupama na nivou značajnosti $p < 0,01$ (grafikon 6.42.).



Legenda: Ista slova u koloni ^A - $p < 0,01$; ^{a, b} - $p < 0,05$.

Grafikon 6.42. Prosečna vrednost HMW (engl. *High molecular weight proteins*) kontrolne i ogleđnih grupa prasadi na elektroforezi, g/L (n = 6)

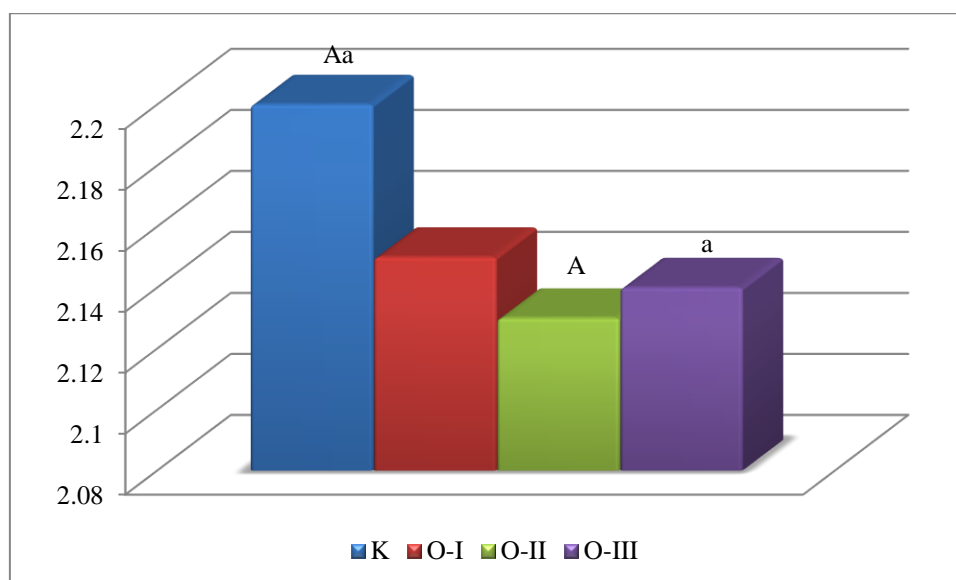


Grafikon 6.43. Prosečne vrednosti IgA, IgG i transferina (g/L) kontrolne i oglednih grupa prasadi na elektroforezi (n = 6)

IgG se sintetiše u slezini i limfnim čvorovima, koncentriše se uglavnom u serumu i tkivnoj tečnosti, a svoju ulogu u organizmu ostvaruje kroz aktivnost pri imunološkoj reakciji. Za razliku od IgG, IgA ima značaj za lokalni imunitet sluzokoža respiratornog i gastrointestinalnog trakta. U ovoj studiji, suplementacija sa cink-metionatom numerički je povećala vrednost IgG u oglednoj grupi O-III (grafikon 6.43.), što može ukazivati na poboljšanje imunološke funkcije odlučene prasadi, dok prema vrednostima IgA uticaj dodataka nije zabeležen, što je u saglasnosti sa rezultatima Wang i Wu, (2011). Pojedini istraživači su ovo ustanovili sa postojanjem statističke značajnosti na nivou $p < 0,05$ (Ahn i sar. 1998; Zhang i sar., 2005), što je bilo i očekivano jer cink kao faktor imuniteta učestvuje u brojnim imunološkim procesima. Identične rezultate sa korišćenjem helatne forme cinka u ishrani prasadi predstavili su Sun i sar. (2019), a efekat se odnosio na povećanje nivoa IgG i IgM. Potpuna zamena neorganskih formi bakra, mangana, cinka i gvožđa poboljšala je koncentraciju IgG u istraživanju sprovedenom od strane Zhanga i sar., (2021). Ipak, Cheng et al. (1998) izvestili su da suplementacija Zn nije uticala na imuni odgovor prasadi, s tim da su u istraživanju koristili helatnu formu cinka sa lizinom, a ne sa metioninom kao u gore navedenim istraživanjima sa pozitivnim ishodom na imunitet.

6.8. “Fecal” skor

Parametar “Fecal” skor predstavlja dobar pokazatelj zdravstvenog stanja životinja, ali i indikator stepena iskorišćavanja hranljivih materija. Dijareja prasadi je vrlo čest simptom ove kategorije svinja i najčešći uzrok poremećaja zdravstvenog stanja (Pluske i sar., 2002). Vrednosti “Fecal” skora kontrolne i oglednih grupa bile su u graničnim okvirima primenjenog sistema za ocenjivanje (Pierce i sar., 2005).



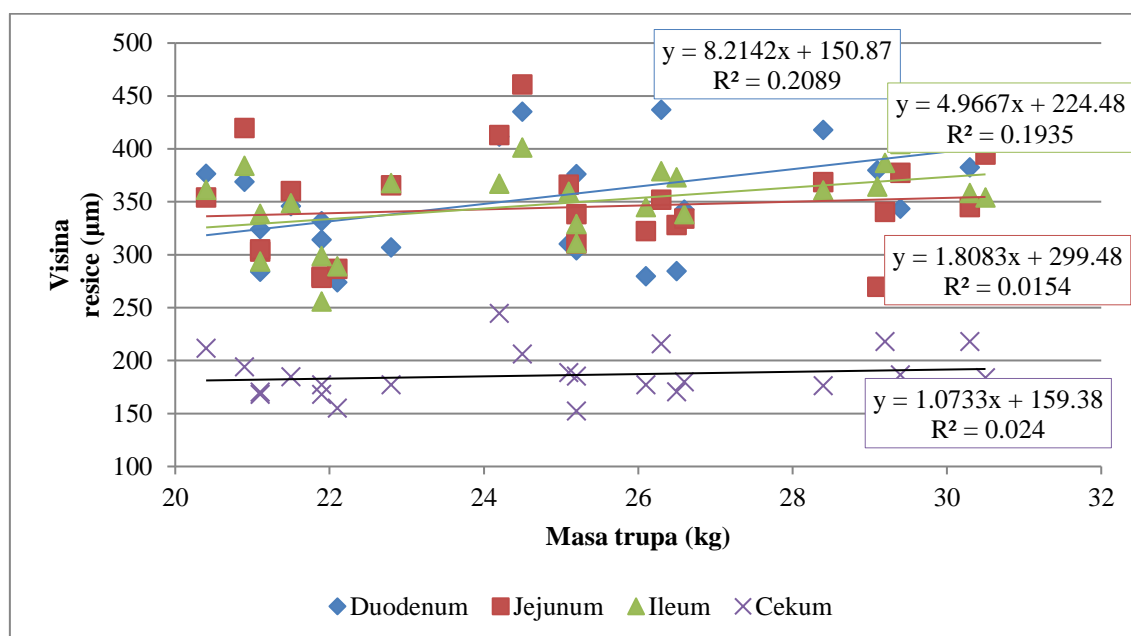
Legenda: Ista slova u koloni ^A - $p < 0,01$; ^a - $p < 0,05$.

Grafikon 6.44. Prosečne vrednosti „Fecal” skora kontrolne i oglednih grupa prasadi (n = 24)

Svakodnevnim monitoringom i ocenjivanjem konzistencije fecesa, sve grupe prasadi u eksperimentu sa vrednostima ostvarile su skor 2 (blago mekani feces), sa brojčanim varijacijama, pri čemu je vrednost kontrolne grupe bila najveća (2,20). Kontrolna grupa ostvarila je statističku značajnost u poređenju sa skorom O-III ogledne grupe prasadi ($p < 0,05$), ali i vrednošću postignutoj u oglednoj prasadi O-II sa nivoom značajnosti $p < 0,01$ (grafikon 6.44.). Kad je u pitanju analiza rezultata prve i treće ogledne grupe prasadi koje su u smešama za ishranu imale dodatak helatnih formi mikroelemenata, u metodologiji istraživanja uglavnom se koristi analiza hemijskog sastava fecesa sa ciljem da se spozna količina mikroelemenata izlučenih u spoljašnju sredinu. Konkretno, u istraživanjima u kojima je korišćena metoda ocenjivanja putem „Fecal“ skora, prikazan je identičan trend konzistencije fecesa u odnosu na kontrolne grupe (Thomaz i sar., 2015; Villagómez Estrada, 2021), sa napomenom da su u pomenutim ogledima korišćene smeše sa 50% zamenom neorganskog izvora mikroelemenata. Sa druge strane, benzoeva kiselina koja svojim antimikrobnim efektom redukuje broj crevnih patogena (Šefer i sar., 2014), takođe je korišćena kao dodatak u grupi O-III koja je ostvarila najbolji rezultata „Fecal“ skora. Identični rezultati objavljeni su u istraživanjima Resende i sar. (2020) sprovedenim na tovnim svinjama, kao i Correa i sar. (2021) u kome su korišćena prasadi u odgoju, što se u ovim slučajevima pripisuje isključivo efektima benzoeve kiseline i njenom antimikrobnom aktivnošću, kao i uticaju na elektrohemijску reakciju u crevima svinja. Rezultati „Fecal” skora povezani su sa proizvodnim rezultatima u sprovedenom ogledu.

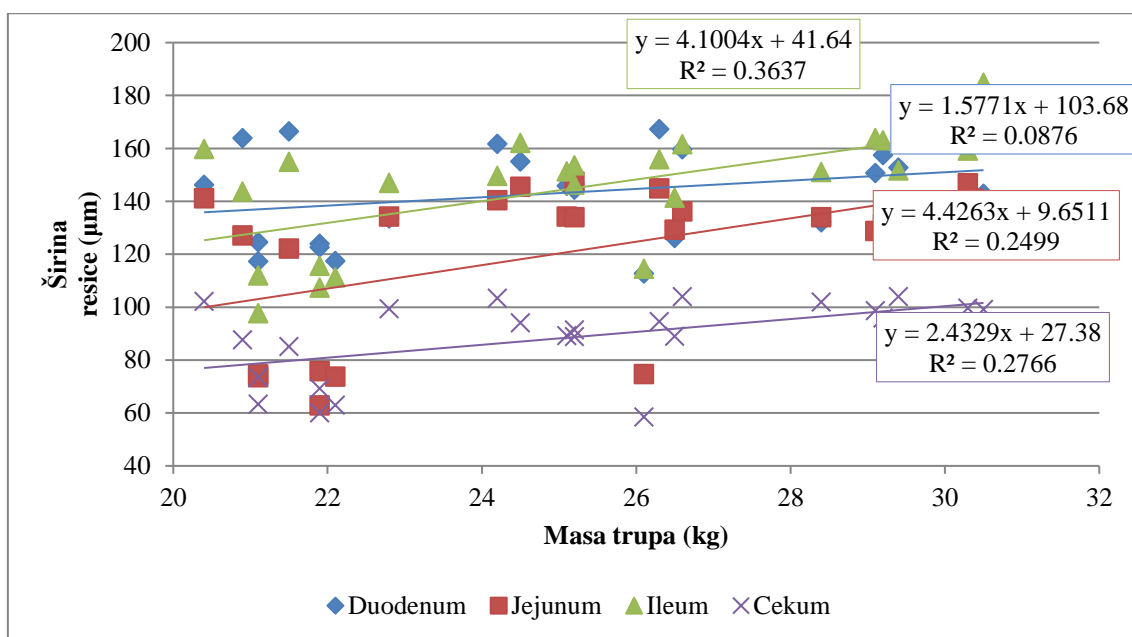
6.9. Korelaciona zavisnost između telesne mase prasadi i histomorfometrijskih parametara pojedinih segmenata creva

Telesna masa prasadi, uz prirast kao osnovni pokazatelj proizvodnih rezultata, predstavlja važan parametar za farmera i imperativ u sistemu ekonomične i isplative proizvodnje (Rao i sar., 2023). Uzevši u obzir sve faktore stresa kojima su prasadi nakon odlučivanja izložena, izazov u održavanju optimalnih proizvodnih rezultata tokom ovog perioda je još jači, a finansijska dobit pri uspehu veća. Sa druge strane, histomorfometrijski parametri (visina i širina crevnih resica, dubina crevnih kripti) su faktori koji direktno ostvaruju uticaj na veličinu resorptivne površine u crevima. Adekvatna resorptivna površina osigurava efikasnu apsorpciju hranljivih materija uz sve prateće efekte poput ojačanog imuniteta i dobrih proizvodnih rezultata (Price i sar., 2015). Korelaciona zavisnost između završne telesne mase prasadi (kg) i histomorfometrijskih karakteristika pojedinih segmenata gastrointestinalnog trakta prasadi prikazana je grafikonima 6.45-6.48.



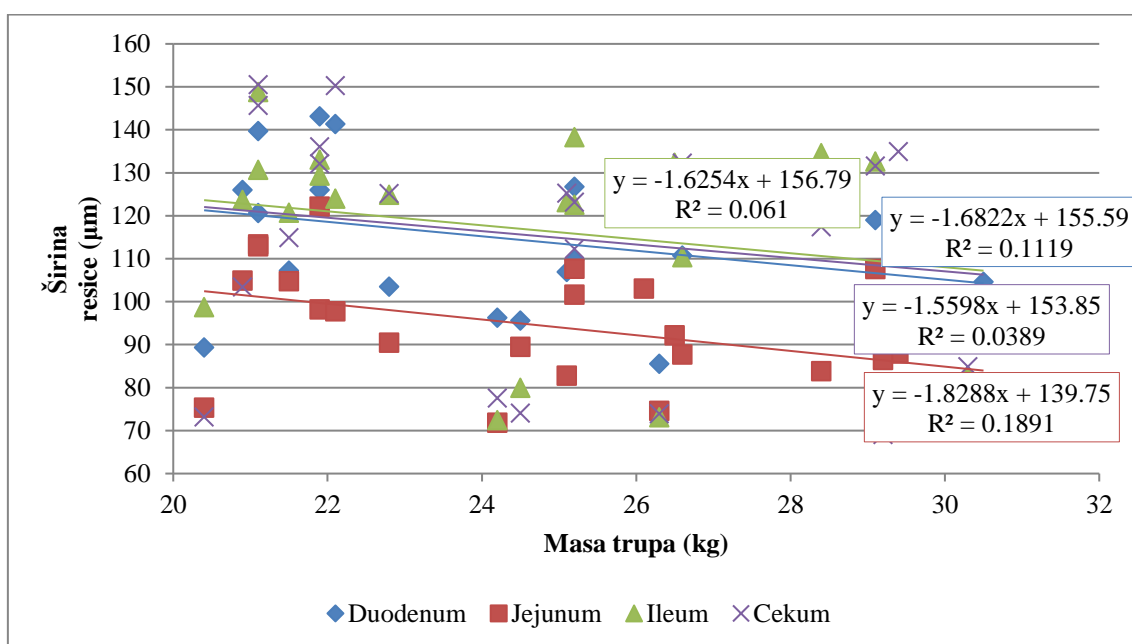
Grafikon 6.45. Korelaciona zavisnost završne mase prasadi (kg) i visine crevnih resica (µm) prasadi

Detektovana je slaba pozitivna statistički značajna ($p < 0,05$) korelaciona zavisnost ($r = 0,457$) između završne telesne mase prasadi i visine resica duodenuma. Identična značajnost ustanovljena je i u ileumu ogledne prasadi ($r = 0,440$). Povećanjem visine resica u crevima dolazi do povećanja resorptivne površine i efikasnijeg prenosa supstanci iz lumena creva u vaskularni system (DeSesso i Jacobson, 2001). Identičan efekat primene benzojeve kiseline kao dodatka u smešama za ishranu prasadi u odgoju prikazan je u prethodnim istraživanjima (Halas i sar., 2011; Diao i sar., 2014).



Grafikon 6.46. Korelaciona zavisnost završne mase prasadi (kg) i širine crevnih resica (µm) prasadi

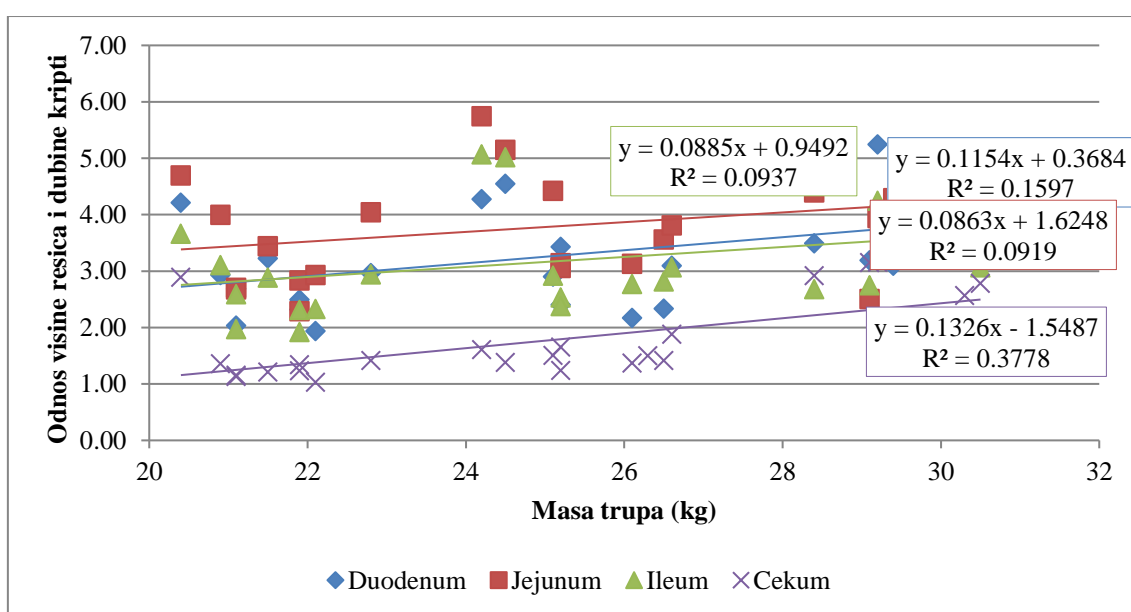
Pri analizi korelacione zavisnosti između završne telesne mase i širine resica ustanovljena je srednja pozitivna statistički značajna ($p < 0,01$) zavisnost u ileumu ($r = 0,603$) i cekumu ($r = 0,526$), a slaba pozitivna statistički značajna ($p < 0,05$) zavisnost u jejunumu ($r = 0,500$). Prikazani rezultati ukazuju na povezanost postignutih proizvodnih rezultata i resorptivna površina, koja je uslovljena strukturom sluzokože creva. Povećanje širine crevnih resica posledično dovodi do veće resorptivne površine, čime se objašnjava efikasnija resorpcija hranljivih materija neophodnih za rast, ali i za održavanje adekvatnog imunog i zdravstvenog statusa (Brown i sar., 2006).



Grafikon 6.47. Korelaciona zavisnost završne mase prasadi (kg) i dubine kripti (µm) prasadi

Utvrđena je slaba pozitivna zavisnost ($r = 0,435$) značajna sa stanovišta statističke analize ($p < 0,05$) pri analizi korelacione zavisnosti između završne mase prasadi i dubine kripti jejunuma.

Pri analizi parametra korelacione zavisnosti između završne telesne mase prasadi i odnosa visine resica i dubine kriпти ustanovljena je statistički značajna ($p < 0,01$) srednja pozitivna korelaciona zavisnost ($r = 0,615$) u cekumu oglednih prasadi. Vrednost dubine kriпти u kombinaciji sa visinom resica, izražena kroz odnos dva pomenuta parametra, pored karakteristika crevne sluzokože karakteriše i funkcionalnu sposobnost obnavljanja creva (Xue i sar., 2018; Cheng i sar., 2019). U prikazanim rezultatima, efekat korelacije između završne telesne mase prasadi i odnosa visine resica i dubine kriпти dokazan je u cekumu, ali je izostao u tankim crevima, što otvara nova pitanja i ostavlja prostor za dalja istraživanja u oblasti direktnog uticaja resorptivne površine na proizvodne rezultate prasadi.

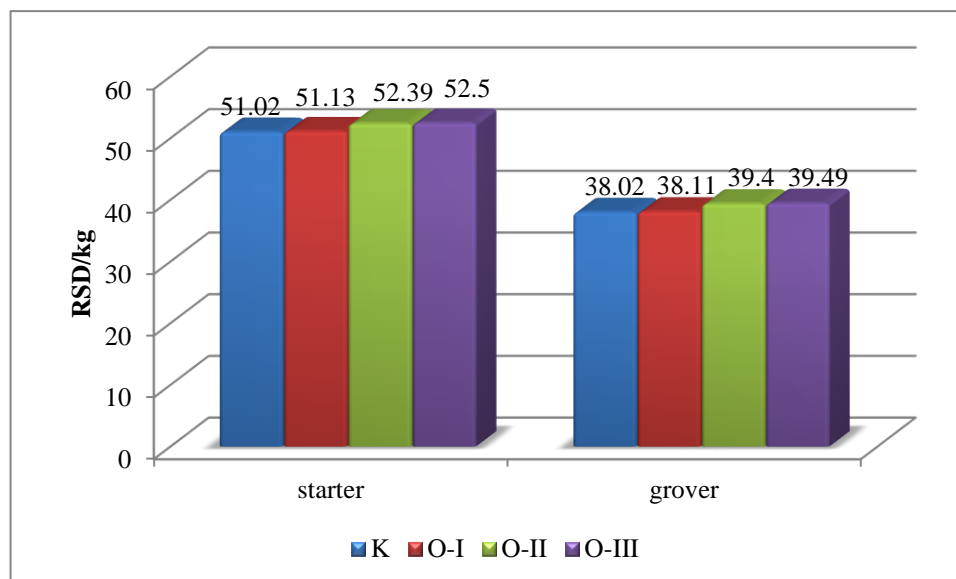


Grafikon 6.48. Korelaciona zavisnost završne mase prasadi (kg) i odnosa visine crevnih resica i dubine kriпти prasadi

6.10. Ispitivanje ekonomske isplativosti proizvodnje

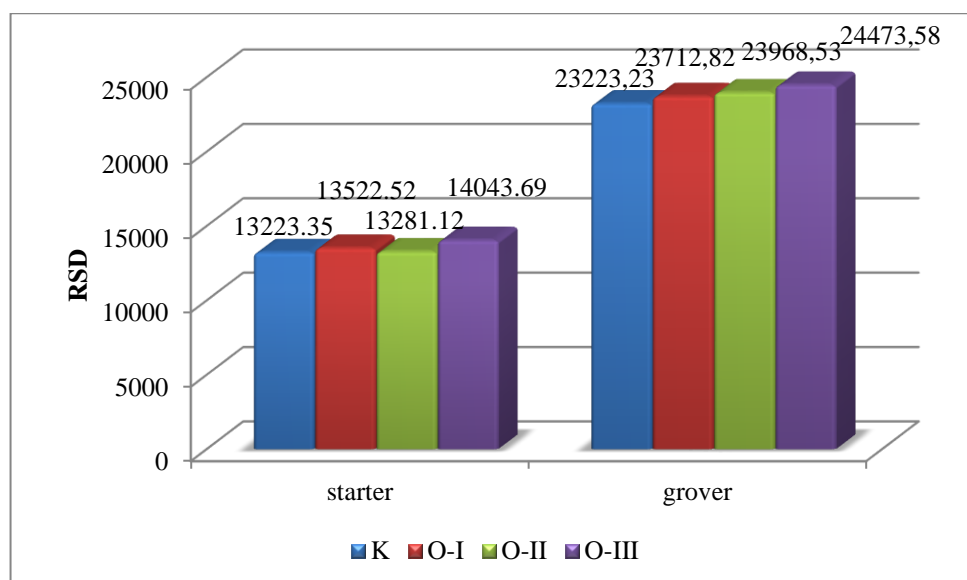
Ekonomičnost proizvodnje prasadi u odgoju izračunata je na osnovu aktuelnih cena korišćenih sirovina i ispitivanih dodataka u smešama, postignutih proizvodnih rezultata, kao i cene žive mere prasadi. Dobijena vrednost predstavlja upotrebljiv podatak sa praktičnog stanovišta, koji može da se koristi pri obračunavanju ekonomskog bilansa i isplativosti proizvodnje na intenzivnim svinjarskim farmama. Na grafikonu 6.49. prikazana je cena potpunih smeša startera i grovera koju su tokom oglednog perioda konzumirale kontrolna i ogledne grupe prasadi. Analizirajući cenu startera, dodatak helatnih formi bakra, mangana i cinka poskupio je smešu za 0,21%, dodatak protektirane benzojeve kiseline poskupio je smešu za 2,68%, dok je dodatak kombinacije ispitivanih dodataka poskupio smešu za 2,90%. Cena grovera poskupila je sa dodatkom helatnih formi pomenutih mikroelemenata za 0,23%, sa dodatkom protektirane benzojeve kiseline za 3,62%, a sa

dodatkom kombinacije ispitivanih dodataka za 3,86%. Cena korišćene smeše često je presudna u odluci o upotrebi pojedinih dodataka hrani, pri čemu je svakako savet da nutricionisti na velikim farmskim sistemima u obzir uzmu i dokazani efekat primenjenih preparata na zdravstveno stanje i proizvodne rezultate, kako prasadi, tako i ostalih kategorija svinja (Rao i sar., 2023).



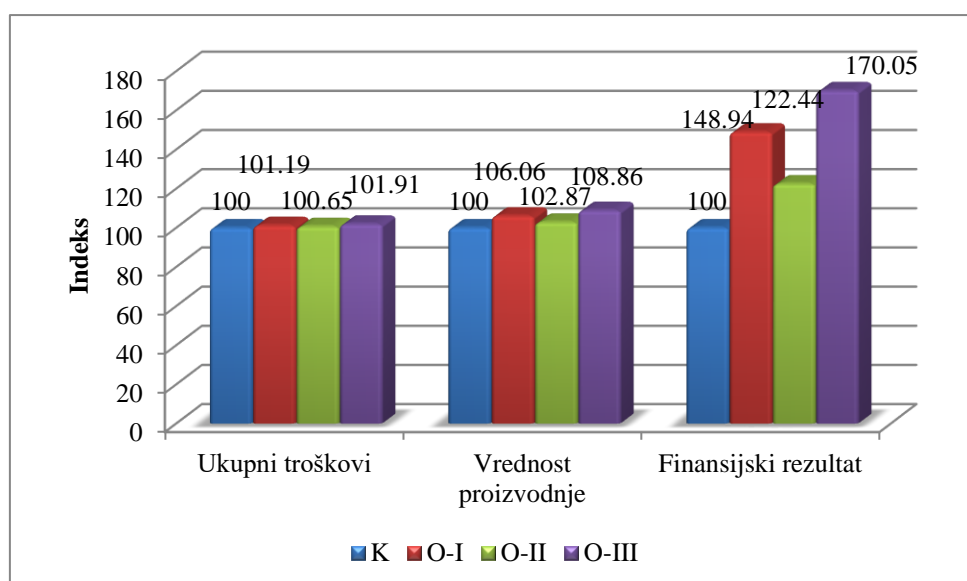
Grafikon 6.49. Cena koštanja (RSD/kg) startera i grovera za ishranu kontrolne i oglednih grupa prasadi

Razlike u konzumaciji hrane kontrolne i oglednih grupa prasadi tokom eksperimenta bile su minimalne i izražene su numerički. Na osnovu pomenutih vrednosti, izračunata je ukupna potrošnja hrane koju su prasadi konzumirale tokom prvog i drugog oglednog perioda (grafikon 6.50.). Naime, u poređenju sa smešama korišćenim u kontrolnoj grupi prasadi, cena utrošenog startera u ishrani prasadi hranjenih sa dodatkom helatnih formi mikroelemenata bila je veća za 2,26%. Utrošena starter smeša korišćena za ishranu druge ogledne grupe (dodatak protektirane benzoeve kiseline) bila je skuplja za 0,43%, dok je utrošena smeša sa dodatkom kombinacije ispitivanih dodataka koštala za 6,20% više od troškova hrane u starter fazi kontrolne grupe. Analizirajući cenu utrošene grovera smeše u drugoj fazi ogleda među hranidbenim tretmanima, dolazimo do zaključka da je dodatak helatnih formi mikroelemenata poskupio hranu za 2,10%, dodatak protektirane benzoeve kiseline za 3,21%, a dodatak kombinacije ispitivanih dodataka za 5,38% u odnosu na cenu utrošenog grovera za ishranu kontrolne grupe prasadi. U parametar konzumacije i utrošene hrane po fazama ogleda, uključen je aspekt apetita i zdravstvenog stanja jedinki, ali i palatabiliteta hrane (Roura i Fu., 2017).



Grafikon 6.50. Troškovi (RSD) startera i grovera za ishranu kontrolne i oglednih grupa prasadi

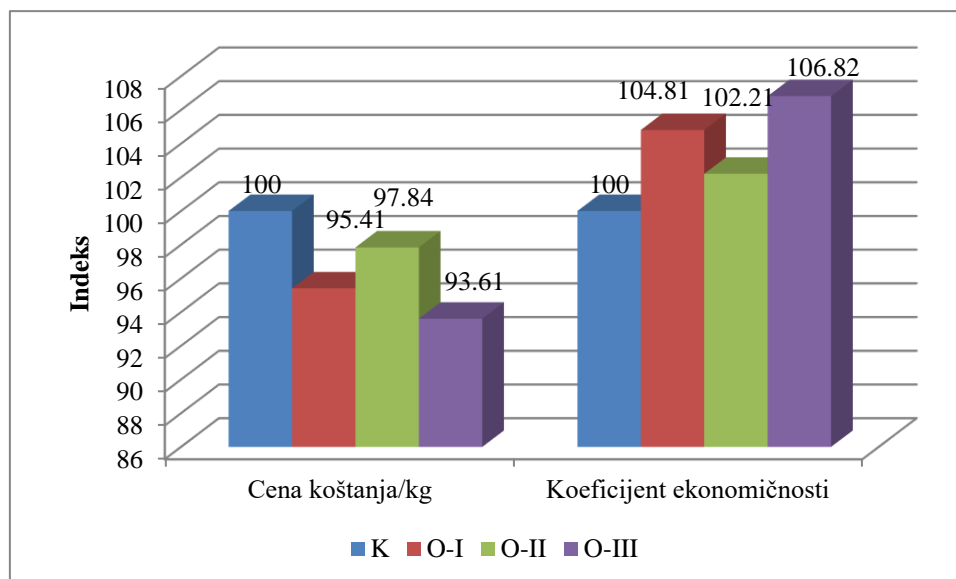
Na grafikonu 6.51. prikazane su indeksirane vrednosti parametara ekonomičnosti proizvodnje izračunati na osnovu sredstava uloženi u proizvodnju i dobiti ostvarene prodajom dobijenog proizvoda. Ukupni troškovi i vrednost proizvodnje su varirali među hranidbenim tretmanima, a oba parametra su bila uslovljena različitim cenama smeše, ali i količinama utrošene hrane po grupama.



Grafikon 6.51. Indeksirane vrednosti ekonomske isplativosti (ukupni troškovi, vrednost proizvodnje, finansijski rezultat) odgoja kontrolne i oglednih grupa prasadi

Indeksirane vrednosti cene koštanja/kg žive mere dobijenog proizvoda i koeficijenta ekonomičnosti pokazuju povezanost između cena smeša korišćenih za ishranu i utrošene hrane u toku oglednog perioda po grupama sa jedne strane i ostvarenih proizvodnih rezultata sa druge strane (grafikon 6.52.). S obzirom da je cena sirovina i cena žive mere prasadi varijabla koja je podložna promena na berzi, moguća je i kvantitativna promena ekonomske isplativosti korišćenja ispitivanih

dodataka u odgoju prasadi. Predstavljeni rezultati u saglasnosti su sa prethodno sprovedenim ispitivanjima uticaja dodatka helatnih formi mikroelemenata (Creech i sar., 2004; Zhang i sar., 2013) i benzoeve kiseline (Gao i sar., 2014; Diao i sar., 2016; Zhao i sar., 2020) na proizvodne rezultate i ekonomičnost proizvodnje prasadi u odgoju.



Grafikon 6.52. Indeksirane vrednosti ekonomske isplativosti (cena koštanja/kg, koeficijent ekonomičnosti) odgoja kontrolne i oglednih grupa prasadi

7. ZAKLJUČCI

Na osnovu rezultata sprovedenog eksperimenta izvedeni su sledeći zaključci:

1. Hemijski sastav potpunih smeša za ishranu ispitivanih grupa prasadi bio je izoenergetski i izoproteinski izbalansiran i u potpunosti je zadovoljavao potrebe prasadi u obe faze odgoja.
2. Na kraju eksperimenta ogledna grupa prasadi hranjena smešama sa dodatkom helatnih formi bakra, mangana i cinka i protektirane benzoeve kiseline ostvarila je veću prosečnu telesnu masu, prosečni prirast, kao i bolju konverziju hrane u odnosu na kontrolnu grupu ($p < 0,01$), oglednu grupu prasadi hranjenu sa dodatkom helatnih formi bakra, mangana i cinka ($p < 0,05$), kao i u odnosu na oglednu grupu prasadi hranjenu sa dodatkom protektirane benzoeve kiseline ($p < 0,05$).
3. U duodenumu, jejunumu, ileumu i cekumu ogledne grupe prasadi hranjene smešama sa dodatkom helatnih formi bakra, mangana i cinka i protektirane benzoeve kiseline utvrđena je značajno ($p < 0,01$) veća prosečna visina i širina resica, kao i manja prosečna dubina crevnih kripti, čime se povećao resorptivni kapacitet sluznice u crevima. U cekumu ogledne grupe prasadi hranjene sa dodatkom protektirane benzoeve kiseline utvrđen je značajno ($p < 0,05$) veći broj peharastih ćelija u odnosu na kontrolnu grupu. Nisu utvrđene značajne razlike u prosečnoj masi jetre, slezine i želuca između kontrolne i oglednih grupa prasadi.
4. Dodavanje protektirane benzoeve kiseline same ili u kombinaciji sa helatnim formama bakra, mangana i cinka rezultirala je najnižim pH vrednostima u jejunumu, koje su bile statistički značajno niže u odnosu na kontrolnu grupu i oglednu grupu prasadi hranjenu samo sa dodatkom helatnih formi bakra, mangana i cinka ($p < 0,01$). U crevnom sadržaju kolona, najniža pH vrednost utvrđena je kod ogledne grupe prasadi hranjene sa dodatkom helatnih formi bakra, mangana i cinka ($p < 0,01$), dok u pH vrednostima himusa želuca, duodenuma, ileuma, cekuma i rektuma nije bilo značajnih razlika među nutritivnim tretmanima.
5. U himusu prasadi svih oglednih grupa duž ispitivanih segmenata creva utvrđen je trend povećanja prosečnog broja *Lactobacillus* spp., kao i smanjenja prosečnog broja *E. coli* ($p < 0,01$). Najmanji prosečni broj ukupnih aerobnih bakterija utvrđen je kod prasadi ogledne grupe hranjene sa dodatkom protektirane benzoeve kiseline čime se povećava dostupnost hranljivih materija domaćinu.

6. Vrednosti hematoloških i biohemijskih parametara kontrolne i oglednih grupa prasadi nalazile su se u okviru fizioloških opsega i nisu utvrđene razlike koje bi se potencijalno odrazile na zdravstveni status.
7. Značajno niža prosečna vrednost "Fecal" skora u odnosu na kontrolnu grupu utvrđena je u oglednoj grupi prasadi hranjenih sa dodatkom same protektirane benzoeve kiseline ($p < 0,01$), ali i u kombinaciji sa helatnim formama bakra, mangana i cinka ($p < 0,05$).
8. Utvrđena je srednja pozitivna statistički značajna ($p < 0,01$) korelaciona zavisnost između završne telesne mase i širine resica u ileumu ($r = 0,603$) i cekumu ($r = 0,526$), a slaba pozitivna statistički značajna ($p < 0,05$) zavisnost u jejunumu ($r = 0,500$). Pri analizi parametara korelacione zavisnosti između završne telesne mase prasadi i odnosa visine resica i dubine kripte ustanovljena je statistički značajna ($p < 0,01$) srednja pozitivna korelaciona zavisnost ($r = 0,615$) u cekumu oglednih grupa prasadi.
9. Najniže cene troškova po proizvedenom kg telesne mase, kao i najbolje vrednosti koeficijenta ekonomičnosti ostvarene su u oglednoj grupi prasadi koja je hranjena smešama sa kombinacijom dodatka helatnih formi bakra, mangana i cinka i protektirane benzoeve kiseline, što pokazuje potencijal ispitivanih dodataka u stimulaciji rasta prasadi u odgoju.

8. SPISAK LITERATURE

- 1) AAFCO. (2020). Feed terms and ingredient definitions. In *American Association of Feed Control Officials*; Champaign, IL, USA, 2020.
- 2) Adamović, M., Grubić, G., Pupavac, S. (2002). Značaj i uloga organski vezanih mikroelemenata u ishrani životinja. *Zbornik naučnih radova*, 8, 341 – 353.
- 3) Adeola, O., & King, D. E. (2006). Developmental changes in morphometry of the small intestine and jejunal sucrase activity during the first nine weeks of postnatal growth in pigs. *Journal of animal science*, 84(1), 112-118.
- 4) Adil, S., Banday, T., Bhat, G. A., Mir, M. S., & Rehman, M. (2010). Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, intestinal histomorphology, and serum biochemistry of broiler chicken. *Veterinary medicine international*, 2010.
- 5) AEC Tables: recommendations for animal nutrition, (1987).
- 6) Afsharmanesh, M., & Pourreza, J. (2005). Effects of calcium, citric acid, ascorbic acid, vitamin D3 on the efficacy of microbial phytase in broiler starters fed wheat-based diets. I. Performance, bone mineralization and ileal digestibility.
- 7) Ahmed, S. T., Hwang, J. A., Hoon, J., Mun, H. S., & Yang, C. J. (2014). Comparison of single and blend acidifiers as alternative to antibiotics on growth performance, fecal microflora, and humoral immunity in weaned piglets. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 27(1), 93.
- 8) Ahmed, S. T., Hwang, J. A., Hoon, J., Mun, H. S., & Yang, C. J. (2014). Comparison of single and blend acidifiers as alternative to antibiotics on growth performance, fecal microflora, and humoral immunity in weaned piglets. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 27(1), 93.
- 9) Ahn, S. H., Um, J. S., Kim, D. H., & Paik, I. K. (1998). Effects of the sources and levels of supplemental zinc on the performance of weanling pigs.
- 10) AL-Shinnawy, M. S. (2009). Physiological effect of a food additive on some haematological and biochemical parameters of male albino rats. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A, Entomology*, 2(1), 143-151.
- 11) Alayash, A. I. (1999). Hemoglobin-based blood substitutes: oxygen carriers, pressor agents, or oxidants?. *Nature biotechnology*, 17(6), 545-549.
- 12) Allan, F. J., Thompson, K. G., James, K. A., Manktelow, B. W., Koolaard, J. P., Johnson, R. N., & McNutt, P. V. (2001). Serum lipoprotein cholesterol and triglyceride concentrations in

- pigs fed diets containing fish oil, milkfat, olive oil and coconut oil. *Nutrition Research*, 21(5), 785-795.
- 13) Amaechi, N., & Njoku, U. P. (2013). Growth performance and haematological parameters of weanling pigs fed diets supplemented with chloroacetic acid. *Online J. Anim. Feed Res*, 3(4), 189-192.
- 14) Ammerman, C. B. (1995). Methods for estimation of mineral bioavailability. In *Bioavailability of nutrients for animals* (pp. 83-94). Academic Press.
- 15) Anugwa, F. O., Varel, V. H., Dickson, J. S., Pond, W. G., & Krook, L. P. (1989). Effects of dietary fiber and protein concentration on growth, feed efficiency, visceral organ weights and large intestine microbial populations of swine. *The Journal of nutrition*, 119(6), 879-886.
- 16) Apgar, G. A., Kornegay, E. T., Lindemann, M. D., & Notter, D. R. (1995). Evaluation of copper sulfate and a copper lysine complex as growth promoters for weanling swine. *Journal of animal science*, 73(9), 2640-2646.
- 17) Arrieta, M. C., Stiemsma, L. T., Dimitriu, P. A., Thorson, L., Russell, S., Yurist-Doutsch, S., ... & Brett Finlay, B. (2015). Early infancy microbial and metabolic alterations affect risk of childhood asthma. *Science translational medicine*, 7(307), 307ra152-307ra152.
- 18) Ashmead, H. D. (1993). Comparative intestinal absorption and subsequent metabolism of metal amino acid chelates and inorganic metal salts. *The roles of amino acid chelates in animal nutrition*, 319.
- 19) Ayman Ahmed, H., Ghada Mostafa El, A., & Soliman Mohamed, S. (2011). Effect of supplementation of chelated zinc on milk production in ewes. *Food and Nutrition Sciences*, 2011.
- 20) Barbosa, K. A., Genova, J. L., Pazdziora, M. L., De Azevedo, L. B., Wendt, G. N., Rupolo, P. E., ... & de Oliveira Carvalho, P. L. (2022). Effects of combined feed additives in diets to support growth performance and intestinal health profile in nursery piglets. *Livestock Science*, 266, 105-121.
- 21) Barker, N. (2014). Adult intestinal stem cells: critical drivers of epithelial homeostasis and regeneration. *Nature reviews Molecular cell biology*, 15(1), 19-33.
- 22) Barszcz, M., & Skomial, J. (2011). The development of the small intestine of piglets-chosen aspects. *J Anim Feed Sci*, 20(1), 3-15.
- 23) Bauer, E., Williams, B. A., Smidt, H., Mosenthin, R., & Verstegen, M. W. (2006). Influence of dietary components on development of the microbiota in single-stomached species. *Nutrition research reviews*, 19(1), 63-78.

- 24) Bäumlér, A. J., & Sperandio, V. (2016). Interactions between the microbiota and pathogenic bacteria in the gut. *Nature*, 535(7610), 85-93.
- 25) Bertechini, A. G., Fassani, E. J., Brito, J. Á. G. D., & Barrios, P. R. (2012). Effects of dietary mineral bioplex in pregnant and lactating sow diets on piglet performance and physiological characteristics. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 624-629.
- 26) Bhattarai, S., & Nielsen, J. P. (2015). Association between hematological status at weaning and weight gain post-weaning in piglets. *Livestock Science*, 182, 64-68.
- 27) Biagi, G., Piva, A., Moschini, M., Vezzali, E., & Roth, F. X. (2007). Performance, intestinal microflora, and wall morphology of weanling pigs fed sodium butyrate. *Journal of Animal Science*, 85(5), 1184-1191.
- 28) Bolduan, V. G., Jung, H., Schnabel, E., & Schneider, R. (1988). Recent advances in the nutrition of weaner piglets. *Pig news and information*.
- 29) Boling, S. D., Webel, D. M., Mavromichalis, I., Parsons, C. M., & Baker, D. H. (2000). The effects of citric acid on phytate-phosphorus utilization in young chicks and pigs. *Journal of Animal Science*, 78(3), 682-689.
- 30) Boudry, G., Péron, V., Le Huerou-Luron, I., Lalles, J. P., & Seve, B. (2004). Weaning induces both transient and long-lasting modifications of absorptive, secretory, and barrier properties of piglet intestine. *The Journal of nutrition*, 134(9), 2256-2262.
- 31) Bridges, J. W., French, M. R., Smith, R. L., & Williams, R. T. (1970). The fate of benzoic acid in various species. *Biochemical Journal*, 118(1), 47-51.
- 32) Broom, L. J., Miller, H. M., Kerr, K. G., & Knapp, J. S. (2006). Effects of zinc oxide and *Enterococcus faecium* SF68 dietary supplementation on the performance, intestinal microbiota and immune status of weaned piglets. *Research in veterinary science*, 80(1), 45-54.
- 33) Broom, L. J., Monteiro, A., & Piñon, A. (2021). Recent advances in understanding the influence of zinc, copper, and manganese on the gastrointestinal environment of pigs and poultry. *Animals*, 11(5), 1276.
- 34) Broom, L. J., Monteiro, A., & Piñon, A. (2021). Recent advances in understanding the influence of zinc, copper, and manganese on the gastrointestinal environment of pigs and poultry. *Animals*, 11(5), 1276.
- 35) Brossard, L., Nieto, R., Charneca, R., Araujo, J. P., Pugliese, C., Radović, Č., & Čandek-Potokar, M. (2019). Modelling nutritional requirements of growing pigs from local breeds using InraPorc. *Animals*, 9(4), 169.

- 36) Brown, D. C., Maxwell, C. V., Erf, G. F., Davis, M. E., Singh, S., & Johnson, Z. B. (2006). The influence of different management systems and age on intestinal morphology, immune cell numbers and mucin production from goblet cells in post-weaning pigs. *Veterinary immunology and immunopathology*, 111(3-4), 187-198.
- 37) Bruininx, E. M. A. M., Van Der Peet-Schwering, C. M. C., Schrama, J. W., Vereijken, P. F. G., Vesseur, P. C., Everts, H., ... & Beynen, A. C. (2001). Individually measured feed intake characteristics and growth performance of group-housed weanling pigs: effects of sex, initial body weight, and body weight distribution within groups. *Journal of animal science*, 79(2), 301-308.
- 38) Budiño, F. E. L., Thomaz, M. C., Kronka, R. N., Nakaghi, L. S. O., Tucci, F. M., Fraga, A. L., ... & Huaynate, R. A. R. (2005). Effect of probiotic and prebiotic inclusion in weaned piglet diets on structure and ultra-structure of small intestine. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48, 921-929.
- 39) Burkett, J. L., Stalder, K. J., Powers, W. J., Bregendahl, K., Pierce, J. L., Baas, T. J., ... & Shafer, B. L. (2009). Effect of inorganic and organic trace mineral supplementation on the performance, carcass characteristics, and fecal mineral excretion of phase-fed, grow-finish swine. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(9), 1279-1287.
- 40) Burrin, D., Stoll, B. (2003). Enhancing intestinal function to improve growth and efficiency. 9th International Symposium on Digestive Physiology of Pigs, 121–137.
- 41) Byrne, L., & Murphy, R. A. (2022). Relative bioavailability of trace minerals in production animal nutrition: A review. *Animals*, 12(15), 1981.
- 42) Byrne, L., Hynes, M. J., Connolly, C. D., & Murphy, R. A. (2021). Influence of the chelation process on the stability of organic trace mineral supplements used in animal nutrition. *Animals*, 11(6), 1730.
- 43) Byrne, L., Hynes, M. J., Connolly, C. D., & Murphy, R. A. (2021). Influence of the chelation process on the stability of organic trace mineral supplements used in animal nutrition. *Animals*, 11(6), 1730.
- 44) Caetano-Silva, M. E., Cilla, A., Bertoldo-Pacheco, M. T., Netto, F. M., & Alegría, A. (2018). Evaluation of in vitro iron bioavailability in free form and as whey peptide-iron complexes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 68, 95-100.
- 45) Campbell, J. M., Crenshaw, J. D., & Polo, J. (2013). The biological stress of early weaned piglets. *Journal of animal science and biotechnology*, 4(1), 19.
- 46) Campbell, J. M., Crenshaw, J. D., & Polo, J. (2013). The biological stress of early weaned piglets. *Journal of animal science and biotechnology*, 4(1), 19.

- 47) Canibe, N., Steien, S. H., Øverland, M., & Jensen, B. B. (2001). Effect of K-diformate in starter diets on acidity, microbiota, and the amount of organic acids in the digestive tract of piglets, and on gastric alterations. *Journal of animal science*, 79(8), 2123-2133.
- 48) Cao, J., Henry, P. R., Guo, R., Holwerda, R. A., Toth, J. P., Littell, R. C., ... & Ammerman, C. B. (2000). Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants. *Journal of animal science*, 78(8), 2039-2054.
- 49) Carlson, M. S., Boren, C. A., Wu, C., Huntington, C. E., Bollinger, D. W., & Veum, T. L. (2004). Evaluation of various inclusion rates of organic zinc either as polysaccharide or proteinate complex on the growth performance, plasma, and excretion of nursery pigs. *Journal of Animal Science*, 82(5), 1359-1366.
- 50) Carlson, M. S., Hoover, S. L., Hill, G. M., Link, J. E., & Turk, J. R. (1998). Effect of pharmacological zinc on intestinal metallothionein concentration and morphology in the nursery pig. *J. Anim. Sci*, 76(Suppl 1), 57.
- 51) Castillo, M., Martin-Orue, S. M., Taylor-Pickard, J. A., Perez, J. F., & Gasa, J. (2008). Use of mannanoligosaccharides and zinc chelate as growth promoters and diarrhea preventative in weaning pigs: effects on microbiota and gut function. *Journal of animal science*, 86(1), 94-101.
- 52) Celi, P., Cowieson, A. J., Fru-Nji, F., Steinert, R. E., Klüenter, A. M., & Verlhac, V. (2017). Gastrointestinal functionality in animal nutrition and health: new opportunities for sustainable animal production. *Animal Feed Science and Technology*, 234, 88-100.
- 53) Cheeke, P. R. (1998). *Applied animal nutrition: feeds and feeding*(pp. xviii+-525).
- 54) Chen, J. (2015). Effects of benzoic acid on growth performance and intestinal function and the optimum dietary dose in weaning piglets. *Sichuan Agricultural University*.
- 55) Chen, J. (2015). Effects of benzoic acid on growth performance and intestinal function and the optimum dietary dose in weaning piglets. *Sichuan Agricultural University*.
- 56) Chen, J. L., Zheng, P., Zhang, C., Yu, B., He, J., Yu, J., ... & Chen, D. W. (2017). Benzoic acid beneficially affects growth performance of weaned pigs which was associated with changes in gut bacterial populations, morphology indices and growth factor gene expression. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 101(6), 1137-1146.
- 57) Cheng, C. S., Wei, H. K., Wang, P., Yu, H. C., Zhang, X. M., Jiang, S. W., & Peng, J. (2019). Early intervention with faecal microbiota transplantation: An effective means to improve growth performance and the intestinal development of suckling piglets. *Animal*, 13(3), 533-541.

- 58) Cheng, J., Kornegay, E. T., & Schell, T. (1998). Influence of dietary lysine on the utilization of zinc from zinc sulfate and a zinc-lysine complex by young pigs. *Journal of animal science*, 76(4), 1064-1074.
- 59) Christensen, B., Zhu, C., Mohammadigheisar, M., Schulze, H., Huber, L. A., & Kiarie, E. G. (2022). Growth performance, immune status, gastrointestinal tract ecology, and function in nursery pigs fed enzymatically treated yeast without or with pharmacological levels of zinc. *Journal of Animal Science*, 100(4), skac094.
- 60) Cliplef, R. L., & McKay, R. M. (1993). Visceral organ weights of swine selected for reduced backfat thickness and increased growth rate. *Canadian Journal of Animal Science*, 73(1), 201-206.
- 61) Cong, D., Fong, A. K., Lee, R., & Pang, K. S. (2001). Absorption of benzoic acid in segmental regions of the vascularly perfused rat small intestine preparation. *Drug metabolism and disposition*, 29(12), 1539-1547.
- 62) Coomer, J. C. (2021). The importance of micro-minerals: manganese. Available online: <https://agriking.com/the-importance-of-microminerals-manganese/> (accessed on 12 November 2021).
- 63) Coppenet, M., Golven, J., Simon, J. C., Le Corre, L., & Le Roy, M. (1993). Evolution chimique des sols en exploitations d'élevage intensif: exemple du Finistère. *Agronomie*, 13(2), 77-83.
- 64) Correa, F., Luise, D., Castillo, M., Peris, S., Palomo-Yague, A., Bosi, P., & Trevisi, P. (2021). Effect of dietary supplementation with a blend of protected aromatic compounds, including benzoic acid, on growth performance and faecal microbial profile of weaned piglets as an alternative to Zinc Oxide. *Livestock Science*, 246, 104455.
- 65) Creech, B. L., Spears, J. W., Flowers, W. L., Hill, G. M., Lloyd, K. E., Armstrong, T. A., & Engle, T. E. (2004). Effect of dietary trace mineral concentration and source (inorganic vs. chelated) on performance, mineral status, and fecal mineral excretion in pigs from weaning through finishing. *Journal of Animal Science*, 82(7), 2140-2147.
- 66) Creech, B. L., Spears, J. W., Flowers, W. L., Hill, G. M., Lloyd, K. E., Armstrong, T. A., & Engle, T. E. (2004). Effect of dietary trace mineral concentration and source (inorganic vs. chelated) on performance, mineral status, and fecal mineral excretion in pigs from weaning through finishing. *Journal of Animal Science*, 82(7), 2140-2147.
- 67) Cromwell, G. L. (2002). Why and how antibiotics are used in swine production. *Animal biotechnology*, 13(1), 7-27.

- 68) Del Olmo, A., Calzada, J., & Nuñez, M. (2017). Benzoic acid and its derivatives as naturally occurring compounds in foods and as additives: Uses, exposure, and controversy. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(14), 3084-3103.
- 69) DeSesso, J. M., & Jacobson, C. F. (2001). Anatomical and physiological parameters affecting gastrointestinal absorption in humans and rats. *Food and chemical toxicology*, 39(3), 209-228.
- 70) Devi, S. M., & Kim, I. H. (2014). Effect of medium chain fatty acids (MCFA) and probiotic (*Enterococcus faecium*) supplementation on the growth performance, digestibility and blood profiles in weanling pigs. *Veterinarni Medicina*, 59(11).
- 71) Devi, S. M., Lee, K. Y., & Kim, I. H. (2016). Analysis of the effect of dietary protected organic acid blend on lactating sows and their piglets. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45, 39-47.
- 72) Diao, H. (2013). Effects of Benzoic Acid and Thymol on Growth Performance and Gut Health in Piglets. *Sichuan Agricultural University*.
- 73) Diao, H., Gao, Z., Yu, B., Zheng, P., He, J., Yu, J., ... & Mao, X. (2016). Effects of benzoic acid (VevoVital®) on the performance and jejunal digestive physiology in young pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 7, 1-7.
- 74) Diao, H., Zheng, P., Yu, B., He, J., Mao, X. B., Yu, J., & Chen, D. W. (2014). Effects of dietary supplementation with benzoic acid on intestinal morphological structure and microflora in weaned piglets. *Livestock Science*, 167, 249-256.
- 75) Diao, H., Zheng, P., Yu, B., He, J., Mao, X. B., Yu, J., & Chen, D. W. (2014). Effects of dietary supplementation with benzoic acid on intestinal morphological structure and microflora in weaned piglets. *Livestock Science*, 167, 249-256.
- 76) Diao, H., Zheng, P., Yu, B., He, J., Mao, X., Yu, J., & Chen, D. (2015). Effects of benzoic acid and thymol on growth performance and gut characteristics of weaned piglets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(6), 827.
- 77) Diao, H., Zheng, P., Yu, B., He, J., Mao, X., Yu, J., & Chen, D. (2015). Effects of benzoic acid and thymol on growth performance and gut characteristics of weaned piglets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(6), 827-839.
- 78) Dibner, J. J., & Buttin, P. (2002). Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. *Journal of applied poultry research*, 11(4), 453-463.
- 79) Dondorp, A. M., Angus, B. J., Chotivanich, K., Silamut, K., Ruangveerayuth, R., Hardeman, M. R., ... & White, N. J. (1999). Red blood cell deformability as a predictor of

- anemia in severe falciparum malaria. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 60(5), 733-737.
- 80) Dou, S., Gadonna-Widehem, P., Rome, V., Hamoudi, D., Rhazi, L., Lakhali, L., ... & Abdennebi-Najar, L. (2017). Characterisation of early-life fecal microbiota in susceptible and healthy pigs to post-weaning diarrhoea. *PloS one*, 12(1), e0169851.
- 81) Duca, F. A., Sakar, Y., & Covasa, M. (2013). The modulatory role of high fat feeding on gastrointestinal signals in obesity. *The Journal of nutritional biochemistry*, 24(10), 1663-1677.
- 82) EFSA. (2016). Panel on additives products or substances used in animal feed. *EFSA J.* 14, 4563.
- 83) Eggum, B. O. (1970). Blood urea measurement as a technique for assessing protein quality. *British Journal of Nutrition*, 24(4), 983-988.
- 84) Elefson, S. K., Lu, N., Chevalier, T., Dierking, S., Wang, D., Monegue, H. J., ... & Lindemann, M. D. (2021). Assessment of visceral organ growth in pigs from birth through 150 kg. *Journal of Animal Science*, 99(9), skab249.
- 85) Eri, R., Vemuri, R., & Gundamaraju, R. (2017). Novel interventional targets for gastrointestinal and metabolic disorders. *Current Pharmaceutical Design*, 23(16), 2287-2288.
- 86) Europe Union. (2016). *Commission Implementing Regulation (EU)*. Publications Office of the European Union: Luxembourg, Volume 182.
- 87) Europe Union. (2017). *Commission Implementing Regulation (EU)*. Publications office of the European Union: Luxembourg, Volume 216.
- 88) Europe Union. (2018). *Commission Implementing Regulation (EU)*. Publications Office of the European Union: Luxembourg, Volume 186.
- 89) European Commission. (2003). Commission regulation (EC) No 1334/2003 of 25 July 2003 amending the conditions for authorisation of a number of additives in feedingstuffs belonging to the group of trace elements. In *Official Journal of the European Union*; European Union: Geneva, Switzerland, Volume 187, p. 11.
- 90) European Commission. (2006). Commission. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. In *Official Journal of the European Union*; European Union: Geneva, Switzerland, Volume 364, pp. 324–365.
- 91) Fernández-Rubio, C., Ordonez, C., Abad-González, J., Garcia-Gallego, A., Honrubia, M. P., Mallo, J. J., & Balana-Fouce, R. (2009). Butyric acid-based feed additives help protect broiler chickens from Salmonella Enteritidis infection. *Poultry science*, 88(5), 943-948.

- 92) Flohr, J. R., DeRouchey, J. M., Woodworth, J. C., Tokach, M. D., Goodband, R. D., & Dritz, S. S. (2016). A survey of current feeding regimens for vitamins and trace minerals in the US swine industry. *Journal of swine health and production*, 24(6), 290-303.
- 93) Frenhani, P. B., & Burini, R. C. (1999). Mechanisms of amino acids and oligopeptides absorption in humans. *Arquivos de gastroenterologia*, 36, 227-237.
- 94) Funes, S. C., Filippa, V. P., Cid, F. D., Mohamed, F., Caviedes-Vidal, E., & Chediack, J. G. (2014). Effect of fasting in the digestive system: Histological study of the small intestine in house sparrows. *Tissue and Cell*, 46(5), 356-362.
- 95) Funkhouser, L. J., & Bordenstein, S. R. (2013). Mom knows best: the universality of maternal microbial transmission. *PLoS biology*, 11(8), e1001631.
- 96) Gao, J., Ren, J., Zhou, L. H., Ren, D. R., Li, L., Xiao, S. J., ... & Huang, L. S. (2010). A genome scan for quantitative trait loci affecting the length of small intestine in a White Duroc× Chinese Erhualian intercross resource population. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 127(2), 119-124.
- 97) Gao, J., Xu, K., Liu, H., Liu, G., Bai, M., Peng, C., ... & Yin, Y. (2018). Impact of the gut microbiota on intestinal immunity mediated by tryptophan metabolism. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 8, 13.
- 98) Gao, J., Yin, J., Xu, K., Li, T., & Yin, Y. (2019). What is the impact of diet on nutritional diarrhea associated with gut microbiota in weaning piglets: a system review. *BioMed Research International*, 2019.
- 99) Gao, Z. (2013). Regulatory Effects of Benzoic Acid on Digestive Physiology and Nutritional Metabolism of Young Pigs. *Sichuan Agricultural University*.
- 100) Gao, Z., Yu, B., Zheng, P., He, J., Mao, X., Yu, J., ... & Chen, D. (2014). Effects of benzoic acid on intestinal microflora and metabolites of piglets. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 26(4), 1044-1054.
- 101) Gao, Z., Yu, B., Zheng, P., He, J., Mao, X., Yu, J., ... & Chen, D. (2014). Effects of benzoic acid on intestinal microflora and metabolites of piglets. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 26(4), 1044-1054.
- 102) Gebert, S., & Wenk, C. (1994). Effect of chromium and manganese supplementation form on performance, digestion, carcass characteristics and blood parameters of finishing gilts. *Bio-Chrome (Co-Factor III)*, Alltech Inc., Swiss Federal Institute for Technology, Zurich, Switzerland.
- 103) Gu, X., Li, D., & She, R. (2002). Effect of weaning on small intestinal structure and function in the piglet. *Archives of Animal Nutrition*, 56(4), 275-286.

- 104) Guan, G., Ding, S., Yin, Y., Durairandiyar, V., Al-Dhabi, N. A., & Liu, G. (2019). Macleaya cordata extract alleviated oxidative stress and altered innate immune response in mice challenged with enterotoxigenic Escherichia coli. *Science China Life Sciences*, *62*, 1019-1027.
- 105) Guggenbuhl, P., Séon, A., Quintana, A. P., & Nunes, C. S. (2007). Effects of dietary supplementation with benzoic acid (VevoVital®) on the zootechnical performance, the gastrointestinal microflora and the ileal digestibility of the young pig. *Livestock Science*, *108*(1-3), 218-221.
- 106) Gutierrez, N. A., & Patience, J. F. (2012). The metabolic basis of feed-energy efficiency in swine.
- 107) Hahn, J. D., & Baker, D. H. (1993). Growth and plasma zinc responses of young pigs fed pharmacologic levels of zinc. *Journal of animal science*, *71*(11), 3020-3024.
- 108) Halas, D., Hansen, C. F., Hampson, D. J., Kim, J. C., Mullan, B. P., Wilson, R. H., & Pluske, J. R. (2010). Effects of benzoic acid and inulin on ammonia–nitrogen excretion, plasma urea levels, and the pH in faeces and urine of weaner pigs. *Livestock Science*, *134*(1-3), 243-245.
- 109) Halas, D., Hansen, C. F., Hampson, D. J., Kim, J. C., Mullan, B. P., Wilson, R. H., & Pluske, J. R. (2010). Effects of benzoic acid and inulin on ammonia–nitrogen excretion, plasma urea levels, and the pH in faeces and urine of weaner pigs. *Livestock Science*, *134*(1-3), 243-245.
- 110) Halas, D., Hansen, C. F., Hampson, D. J., Mullan, B. P., Kim, J. C., Wilson, R. H., & Pluske, J. R. (2010). Dietary supplementation with benzoic acid improves apparent ileal digestibility of total nitrogen and increases villous height and caecal microbial diversity in weaner pigs. *Animal Feed Science and Technology*, *160*(3-4), 137-147.
- 111) Halas, D., Hansen, C. F., Hampson, D. J., Mullan, B. P., Kim, J. C., Wilson, R. H., & Pluske, J. R. (2010). Dietary supplementation with benzoic acid improves apparent ileal digestibility of total nitrogen and increases villous height and caecal microbial diversity in weaner pigs. *Animal Feed Science and Technology*, *160*(3-4), 137-147.
- 112) Hamer, H. M., De Preter, V., Windey, K., & Verbeke, K. (2012). Functional analysis of colonic bacterial metabolism: relevant to health?. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, *302*(1), G1-G9.
- 113) Hampson, D. J. (1986). Alterations in piglet small intestinal structure at weaning. *Research in veterinary science*, *40*(1), 32-40.
- 114) Hampson, D. J. (1986). Alterations in piglet small intestinal structure at weaning. *Research in veterinary science*, *40*(1), 32-40.

- 115) Han, G. Q., Xiang, Z. T., Yu, B., Chen, D. W., Qi, H. W., Mao, X. B., ... & Huang, Z. Q. (2012). Effects of different starch sources on *Bacillus* spp. in intestinal tract and expression of intestinal development related genes of weanling piglets. *Molecular biology reports*, 39, 1869-1876.
- 116) Han, X. Y., Ma, Y. F., Lv, M. Y., Wu, Z. P., & Qian, L. C. (2014). Chitosan-zinc chelate improves intestinal structure and mucosal function and decreases apoptosis in ileal mucosal epithelial cells in weaned pigs. *British Journal of Nutrition*, 111(8), 1405-1411.
- 117) Han, X. Y., Ma, Y. F., Lv, M. Y., Wu, Z. P., & Qian, L. C. (2014). Chitosan-zinc chelate improves intestinal structure and mucosal function and decreases apoptosis in ileal mucosal epithelial cells in weaned pigs. *British Journal of Nutrition*, 111(8), 1405-1411.
- 118) Hara, T., Takeda, T. A., Takagishi, T., Fukue, K., Kambe, T., & Fukada, T. (2017). Physiological roles of zinc transporters: molecular and genetic importance in zinc homeostasis. *The Journal of Physiological Sciences*, 67(2), 283-301.
- 119) Henry, P. R. (1995). Manganese bioavailability. In *Bioavailability of Nutrients for Animals* (pp. 239-256). Academic Press.
- 120) Heo, J. M., Kim, J. C., Yoo, J., & Pluske, J. R. (2015). A between-experiment analysis of relationships linking dietary protein intake and post-weaning diarrhea in weanling pigs under conditions of experimental infection with an enterotoxigenic strain of *Escherichia coli*. *Animal Science Journal*, 86(3), 286-293.
- 121) Hermann-Bank, M. L., Skovgaard, K., Stockmarr, A., Larsen, N., & Mølbak, L. (2013). The Gut Microbiotassay: a high-throughput qPCR approach combinable with next generation sequencing to study gut microbial diversity. *BMC genomics*, 14, 1-14.
- 122) Heuß, E. M., Pröll-Cornelissen, M. J., Neuhoff, C., Tholen, E., & Große-Brinkhaus, C. (2019). Invited review: piglet survival: benefits of the immunocompetence. *Animal*, 13(10), 2114-2124.
- 123) Ho, S. Y., Miller, W. J., Gentry, R. P., Neathery, M. W., & Blackmon, D. M. (1984). Effects of high but nontoxic dietary manganese and iron on their metabolism by calves. *Journal of Dairy Science*, 67(7), 1489-1495.
- 124) Højberg, O., Canibe, N., Poulsen, H. D., Hedemann, M. S., & Jensen, B. B. (2005). Influence of dietary zinc oxide and copper sulfate on the gastrointestinal ecosystem in newly weaned piglets. *Applied and environmental microbiology*, 71(5), 2267-2277.
- 125) Hossain, M. M., Jayaraman, B., Kim, S. C., Lee, K. Y., Kim, I. H., & Nyachoti, C. M. (2018). Effects of a matrix-coated organic acids and medium-chain fatty acids blend on performance, and in vitro fecal noxious gas emissions in growing pigs fed in-feed antibiotic-free diets. *Canadian Journal of Animal Science*, 98(3), 433-442.

- 126) Hou, Q. L., & Gao, Q. S. (2001). Chitosan and medicine. *Shanghai Science Technology Press, Shanghai, China, 12*, 1387-1392.
- 127) Hou, Q. L., & Gao, Q. S. (2001). Chitosan and medicine. *Shanghai Science Technology Press, Shanghai, China, 12*, 1387-1392.
- 128) Hu, C. H., Xiao, K., Luan, Z. S., & Song, J. (2013). Early weaning increases intestinal permeability, alters expression of cytokine and tight junction proteins, and activates mitogen-activated protein kinases in pigs. *Journal of animal science, 91*(3), 1094-1101.
- 129) Huang, Y., Yan, Q., Jiang, M., Guo, S., Li, H., Lin, M., ... & Duan, J. (2022). Astragalus membranaceus additive improves serum biochemical parameters and reproductive performance in postpartum dairy cows. *Frontiers in Veterinary Science, 9*, 952137.
- 130) Ibekwe, S. E., Uwakwe, A. A., & Monanu, M. O. (2007). Effect of oral intake of sodium benzoate on some haematological parameters of wistar albino rats. *Sci. Res. Essays, 2*, 006-009.
- 131) Ijssennagger, N., Belzer, C., Hooiveld, G. J., Dekker, J., van Mil, S. W., Müller, M., ... & van der Meer, R. (2015). Gut microbiota facilitates dietary heme-induced epithelial hyperproliferation by opening the mucus barrier in colon. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 112*(32), 10038-10043.
- 132) ISO 15214:1998, Mikrobiologija hrane i stočne hrane - Horizontalna metoda za prebrojavanje mezofilnih bakterija mlečne kiseline - Tehnika brojanja kolonija na 30 °C.
- 133) ISO 7218:2007, Mikrobiologija hrane i stočne hrane - Opšti zahtevi i uputstva za mikrobiološka ispitivanja.
- 134) Jackson, P. G., Cockcroft, P. D., & Elmhurst, S. (2002). *Clinical examination of farm animals* (Vol. 331). Oxford: Blackwell Science.
- 135) Jang, K. B., Kim, J. H., Purvis, J. M., Chen, J., Ren, P., Vazquez-Anon, M., & Kim, S. W. (2020). Effects of mineral methionine hydroxy analog chelate in sow diets on epigenetic modification and growth of progeny. *Journal of Animal Science, 98*(9), skaa271.
- 136) Jang, K. B., Kim, J. H., Purvis, J. M., Chen, J., Ren, P., Vazquez-Anon, M., & Kim, S. W. (2020). Effects of mineral methionine hydroxy analog chelate in sow diets on epigenetic modification and growth of progeny. *Journal of Animal Science, 98*(9), skaa271.
- 137) Jarosz, Ł., Marek, A., Grądzki, Z., Kwiecień, M., & Kalinowski, M. (2017). The effect of feed supplementation with zinc chelate and zinc sulphate on selected humoral and

- cell-mediated immune parameters and cytokine concentration in broiler chickens. *Research in veterinary science*, 112, 59-65.
- 138) Jayaraman, B., & Nyachoti, C. M. (2017). Husbandry practices and gut health outcomes in weaned piglets: A review. *Animal Nutrition*, 3(3), 205-211.
- 139) Jensen, B. B. (1998). The impact of feed additives on the microbial ecology of the gut in young pigs. *Journal of animal and feed sciences*, 7(Suppl. 1), 45-64.
- 140) Jensen, M. S., S. K. Jensen, and K. Jakobsen. 1997. Development of digestive enzymes in pigs with emphasis on lipolytic activity in the stomach and pancreas. *J. Anim. Sci.* 75:437–445.
- 141) Jensen, P., & Recén, B. (1989). When to wean—observations from free-ranging domestic pigs. *Applied animal behaviour science*, 23(1-2), 49-60.
- 142) Ji, Y., Kong, X., Li, H., Zhu, Q., Guo, Q., & Yin, Y. (2017). Effects of dietary nutrient levels on microbial community composition and diversity in the ileal contents of pregnant Huanjiang mini-pigs. *PloS one*, 12(2), e0172086.
- 143) Jovanović, R., Dujić, D., Glamočić D., (2001). *Ishrana domaćih životinja*. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- 144) Jurgens, M. H. (2002). *Animal feeding and nutrition*. Kendall Hunt.
- 145) Kang, P., Toms, D., Yin, Y., Cheung, Q., Gong, J., De Lange, K., & Li, J. (2010). Epidermal growth factor-expressing *Lactococcus lactis* enhances intestinal development of early-weaned pigs. *The Journal of nutrition*, 140(4), 806-811.
- 146) Kayongo-Male, H., Ullrey, D. E., & Miller, E. R. (1980). Manganese (Mn) nutrition of the pig. 2 The availability of Mn from different sources to the growing pig. *Bulletin of animal health and production in Africa. Bulletin des sante et production animales en Afrique*, 28(2), 145-153.
- 147) Kelly, D., & Conway, S. (2005). Bacterial modulation of mucosal innate immunity. *Molecular immunology*, 42(8), 895-901.
- 148) KH, P. (1999). Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutr. Res. Rev.*, 12, 1-30.
- 149) Khan, S. H., & Iqbal, J. (2016). Recent advances in the role of organic acids in poultry nutrition. *Journal of applied animal research*, 44(1), 359-369.
- 150) Kil, D. Y., Piao, L. G., Long, H. F., Lim, J. S., Yun, M. S., Kong, C. S., ... & Kim, Y. Y. (2006). Effects of organic or inorganic acid supplementation on growth performance, nutrient digestibility and white blood cell counts in weanling pigs. *Asian-australasian journal of animal sciences*, 19(2), 252-261.

- 151) Kim, Y. Y., Kil, D. Y., Oh, H. K., & Han, I. K. (2005). Acidifier as an alternative material to antibiotics in animal feed. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 18(7), 1048-1060.
- 152) KL, E. (2009). The tight junction in inflammatory disease: communication breakdown. *Curr Opin Pharmacol.*, 9, 715-720.
- 153) Kluess, J., Schoenhusen, U., Souffrant, W. B., Jones, P. H., & Miller, B. G. (2010). Impact of diet composition on ileal digestibility and small intestinal morphology in early-weaned pigs fitted with a T-cannula. *Animal*, 4(4), 586-594.
- 154) Kluge, H., Broz, J., & Eder, K. (2006). Effect of benzoic acid on growth performance, nutrient digestibility, nitrogen balance, gastrointestinal microflora and parameters of microbial metabolism in piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 90(7-8), 316-324.
- 155) Kluge, H., Broz, J., & Eder, K. (2006). Effect of benzoic acid on growth performance, nutrient digestibility, nitrogen balance, gastrointestinal microflora and parameters of microbial metabolism in piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 90(7-8), 316-324.
- 156) Knecht, D., Cholewińska, P., Jankowska-Mąkosza, A., & Czyż, K. (2020). Development of swine's digestive tract microbiota and its relation to production indices—a review. *Animals*, 10(3), 527.
- 157) Kogut, M. H., & Arsenault, R. J. (2016). Gut health: The new paradigm in food animal production. *Frontiers in veterinary science*, 3, 71.
- 158) Kommera, S. K., Mateo, R. D., Neher, F. J., & Kim, S. W. (2006). Phytobiotics and organic acids as potential alternatives to the use of antibiotics in nursery pig diets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 19(12), 1784-1789.
- 159) Kong, M., Chen, X. G., Xing, K., & Park, H. J. (2010). Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: a state of the art review. *International journal of food microbiology*, 144(1), 51-63.
- 160) Konstantinov, S. R., Favier, C. F., Zhu, W. Y., Williams, B. A., Klüß, J., Souffrant, W. B., ... & Smidt, H. (2004). Microbial diversity studies of the porcine gastrointestinal ecosystem during weaning transition. *Animal Research*, 53(4), 317-324.
- 161) Kovačić, M., Marković, D., Maslovarić, I., Obrenović, S., Grujić-Milanović, J., Arsić, A., ... & Ilić, V. (2017). Serum proteins and lipids in mild form of calf bronchopneumonia: Candidates for reliable biomarkers. *Acta Veterinaria*, 67(2).

- 162) Kovčín, S. (1993). Ishrana svinja. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad.
- 163) Kuzmenko, O., Bomko, V., Horchanok, A., Cherniavskyi, O., Malina, V., Lytvyshchenko, L., ... & Porotikova, I. (2021). Influence of chelates on pigs productivity and quality. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(2), 268-273.
- 164) Lackeyram, D., Yang, C., Archbold, T., Swanson, K. C., & Fan, M. Z. (2010). Early weaning reduces small intestinal alkaline phosphatase expression in pigs. *The Journal of nutrition*, 140(3), 461-468.
- 165) Lallès, J. P., Bosi, P., Smidt, H., & Stokes, C. R. (2007). Nutritional management of gut health in pigs around weaning. *Proceedings of the Nutrition Society*, 66(2), 260-268.
- 166) Lallès, J. P., Boudry, G., Favier, C., Le Floc'h, N., Luron, I., Montagne, L., ... & Sève, B. (2004). Gut function and dysfunction in young pigs: physiology. *Animal Research*, 53(4), 301-316.
- 167) Landgraf, S., Susenbeth, A., Knap, P. W., Looft, H., Plastow, G. S., Kalm, E., & Roehe, R. (2006). Developments of carcass cuts, organs, body tissues and chemical body composition during growth of pigs. *Animal Science*, 82(6), 889-899.
- 168) Le Dividich, J., & Sève, B. (2000). Effects of underfeeding during the weaning period on growth, metabolism, and hormonal adjustments in the piglet. *Domestic animal endocrinology*, 19(2), 63-74.
- 169) Lebel, A., Matte, J. J., & Guay, F. (2014). Effect of mineral source and mannan oligosaccharide supplements on zinc and copper digestibility in growing pigs. *Archives of animal nutrition*, 68(5), 370-384.
- 170) Lei, X. J., Lee, S. I., Lee, K. Y., Nguyen, D. H., & Kim, I. H. (2018). Effects of a blend of organic acids and medium-chain fatty acids with and without *Enterococcus faecium* on growth performance, nutrient digestibility, blood parameters, and meat quality in finishing pigs. *Canadian journal of animal science*, 98(4), 852-859.
- 171) Lei, X. J., Park, J. W., Baek, D. H., Kim, J. K., & Kim, I. H. (2017). Feeding the blend of organic acids and medium chain fatty acids reduces the diarrhea in piglets orally challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli* K88. *Animal Feed Science and Technology*, 224, 46-51.
- 172) Lewis, A. J., & Southern, L. L. (Eds.). (2000). *Swine nutrition*. CRC press.
- 173) Liao, S. F., & Nyachoti, M. (2017). Using probiotics to improve swine gut health and nutrient utilization. *Animal nutrition*, 3(4), 331-343.
- 174) Lin, G., Guo, Y., Liu, B., Wang, R., Su, X., Yu, D., & He, P. (2020). Optimal dietary copper requirements and relative bioavailability for weanling pigs fed either copper

- proteinate or tribasic copper chloride. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11(1), 1-15.
- 175) Lisgara, M., Skampardonis, V., & Leontides, L. (2016). Effect of diet supplementation with chelated zinc, copper and manganese on hoof lesions of loose housed sows. *Porcine health management*, 2, 1-9.
- 176) Liu, B., Xiong, P., Chen, N., He, J., Lin, G., Xue, Y., ... & Yu, D. (2016). Effects of replacing of inorganic trace minerals by organically bound trace minerals on growth performance, tissue mineral status, and fecal mineral excretion in commercial grower-finisher pigs. *Biological trace element research*, 173, 316-324.
- 177) Liu, Y., Ma, Y. L., Zhao, J. M., Vazquez-Añón, M., & Stein, H. H. (2014). Digestibility and retention of zinc, copper, manganese, iron, calcium, and phosphorus in pigs fed diets containing inorganic or organic minerals. *Journal of Animal Science*, 92(8), 3407-3415.
- 178) López-Alonso, M. (2012). Trace minerals and livestock: not too much not too little. *International Scholarly Research Notices*, 2012.
- 179) López-Alonso, M., & Miranda, M. (2012). Implications of excessive livestock mineral supplementation on environmental pollution and human health. *Trace Elements: Environmental Sources, Geochemistry and Human Health*. Nova Science, 40-53.
- 180) López-Colom, P., Castillejos, L., Rodríguez-Sorrento, A., Puyalto, M., Mallo, J. J., & Martín-Orúe, S. M. (2020). Impact of in-feed sodium butyrate or sodium heptanoate protected with medium-chain fatty acids on gut health in weaned piglets challenged with *Escherichia coli* F4+. *Archives of animal nutrition*, 74(4), 271-295.
- 181) Lueck, E. (1980). *Antimicrobial Food Additives: Characteristics, Uses and Effects*. Springer-Verlag, Berlin.
- 182) Lyberg, K., Lundh, T., Pedersen, C., & Lindberg, J. E. (2006). Influence of soaking, fermentation and phytase supplementation on nutrient digestibility in pigs offered a grower diet based on wheat and barley. *Animal Science*, 82(6), 853-858.
- 183) Lyons, T. P. (1994). *Biotechnology in the feed industry: 1994 and beyond-a panorama of techniques, processes and products to address animal production problems today and tomorrow*.
- 184) Ma, L., He, J., Lu, X., Qiu, J., Hou, C., Liu, B., ... & Yu, D. (2020). Effects of low-dose organic trace minerals on performance, mineral status, and fecal mineral excretion of sows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(1), 132.

- 185) Ma, X., X. Fan, P., Li, L. S., Qiao, S. Y., Zhang, G. L., & Li, D. F. (2012). Butyrate promotes the recovering of intestinal wound healing through its positive effect on the tight junctions. *Journal of animal science*, 90(suppl_4), 266-268.
- 186) Magee, D.F., Dalley, A.F. (1986). Digestion and the Structure and Function of the Gut. Karge Continuing Education Series; Karger: Basel, Switzerland, Volume 8.
- 187) Manto, M. (2014). Abnormal copper homeostasis: mechanisms and roles in neurodegeneration. *Toxics*, 2(2), 327-345.
- 188) Mao, X., Yang, Q., Chen, D., Yu, B., & He, J. (2019). Benzoic acid used as food and feed additives can regulate gut functions. *BioMed research international*, 2019.
- 189) Mao, X., Yang, Q., Chen, D., Yu, B., & He, J. (2019). Benzoic acid used as food and feed additives can regulate gut functions. *BioMed research international*, 2019.
- 190) Mao, X., Zeng, X., Qiao, S., Wu, G., & Li, D. (2011). Specific roles of threonine in intestinal mucosal integrity and barrier function. *Front Biosci*, 3(1192), 200.
- 191) Marchiando, A. M., Graham, W. V., & Turner, J. R. (2010). Epithelial barriers in homeostasis and disease. *Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease*, 5, 119-144.
- 192) Marković, R., Perić, D., Jovanović, D., & Šefer, D. (2023). Savremene nutritivne strategije u primeni organskih formi mikroelementa kod nepreživara. In *XLIV seminar za inovacije znanja veterinarara, Beograd, 24. februar 2023*. (pp. 87-100). Beograd: Fakultet veterinarske medicine, Centar za izdavačku delatnost i promet učila.
- 193) McDowell, L. R. (1992). *Minerals in animal and human nutrition*. Academic Press Inc..
- 194) McKay, D. M., & Baird, A. W. (1999). Cytokine regulation of epithelial permeability and ion transport. *Gut*, 44(2), 283-289.
- 195) McKay, R. M., Rempel, W. E., Cornelius, S. G., & Allen, C. E. (1984). Visceral characteristics of three breeds of swine and their crosses. *Canadian Journal of Animal Science*, 64(1), 9-19.
- 196) McLamb, B. L., Gibson, A. J., Overman, E. L., Stahl, C., & Moeser, A. J. (2013). Early weaning stress in pigs impairs innate mucosal immune responses to enterotoxigenic *E. coli* challenge and exacerbates intestinal injury and clinical disease. *PloS one*, 8(4), e59838.
- 197) Merchant, H. A., McConnell, E. L., Liu, F., Ramaswamy, C., Kulkarni, R. P., Basit, A. W., & Murdan, S. (2011). Assessment of gastrointestinal pH, fluid and lymphoid tissue in the guinea pig, rabbit and pig, and implications for their use in drug development. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 42(1-2), 3-10.

- 198) Meyer, A. M., Hess, B. W., Paisley, S. I., Du, M., & Caton, J. S. (2014). Small intestinal growth measures are correlated with feed efficiency in market weight cattle, despite minimal effects of maternal nutrition during early to midgestation. *Journal of Animal Science*, 92(9), 3855-3867.
- 199) Mirilović, M. (2013). Biostatistika sa informatikom. Praktikum, Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu.
- 200) Moeser, A. J., & Blikslager, A. T. (2007). Mechanisms of porcine diarrheal disease. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 231(1), 56-67.
- 201) Moeser, A. J., Klok, C. V., Ryan, K. A., Wooten, J. G., Little, D., Cook, V. L., & Blikslager, A. T. (2007). Stress signaling pathways activated by weaning mediate intestinal dysfunction in the pig. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 292(1), G173-G181.
- 202) Montagne, L., Pluske, J. R., & Hampson, D. J. (2003). A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Animal feed science and technology*, 108(1-4), 95-117.
- 203) Mu, C., Zhang, L., He, X., Smidt, H., & Zhu, W. (2017). Dietary fibres modulate the composition and activity of butyrate-producing bacteria in the large intestine of suckling piglets. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 110, 687-696.
- 204) Mullan, B. P., Hernandez, A., Pluske, J. R., Lyons, T. P., & Jacques, K. A. (2004). Influence of the form and rate of Cu and Zn supplementation on the performance of growing pigs. In *Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's 20th Annual Symposium* (pp. 89-98). Nottingham University Press, UK.
- 205) Nabuurs, M. J. A., Hoogendoorn, A., & Van Zijderveld, F. G. (1994). Effects of weaning and enterotoxigenic *Escherichia coli* on net absorption in the small intestine of pigs. *Research in veterinary science*, 56(3), 379-385.
- 206) National Research Council, Division on Earth, Life Studies, Board on Agriculture, & Committee on Nutrient Requirements of Swine. (2012). Nutrient requirements of swine.
- 207) Nguyen, D. H., Lee, K. Y., Mohammadigheisar, M., & Kim, I. H. (2018). Evaluation of the blend of organic acids and medium-chain fatty acids in matrix coating as antibiotic growth promoter alternative on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, excreta microflora, and carcass quality in broilers. *Poultry Science*, 97(12), 4351-4358.
- 208) Ni Lochlainn, M., Bowyer, R. C., & Steves, C. J. (2018). Dietary protein and muscle in aging people: the potential role of the gut microbiome. *Nutrients*, 10(7), 929.

- 209) Nielsen, T. S., Engelsmann, M. N., Hansen, S. V., & Maribo, H. (2022). Bioavailability of Different Zinc Sources in Pigs 0–3 Weeks Post-Weaning. *Animals*, 12(21), 2921.
- 210) Nyachoti, C. M., De Lange, C. F. M., McBride, B. W., Leeson, S., & Schulze, H. (2000). Dietary influence on organ size and in vitro oxygen consumption by visceral organs of growing pigs. *Livestock Production Science*, 65(3), 229-237.
- 211) O'Meara, F. M., Gardiner, G. E., O'Doherty, J. V., & Lawlor, P. G. (2020). Effect of dietary inclusion of benzoic acid (VevoVital®) on the microbial quality of liquid feed and the growth and carcass quality of grow-finisher pigs. *Livestock Science*, 237, 104043.
- 212) Oh, H. J., Kim, M. H., Yun, W., Lee, J. H., An, J. S., Kim, Y. J., ... & Cho, J. H. (2022). Effect of nano zinc oxide or chelated zinc as alternatives to medical zinc oxide on growth performance, faecal scores, nutrient digestibility, blood profiles and faecal *Escherichia coli* and *Lactobacillus* concentrations in weaned piglets. *Italian Journal of Animal Science*, 21(1), 708-716.
- 213) Outlaw, A., Gachman, A., Kim, H., Xu, X., Tan, Z., Qin, Z., ... & Rudar, M. (2023). Evaluation of protected benzoic acid on growth performance, nutrient digestibility, and gut health indices in starter pigs. *Translational Animal Science*, 7(1), txad111.
- 214) Palacín, M., Estévez, R., Bertran, J., & Zorzano, A. (1998). Molecular biology of mammalian plasma membrane amino acid transporters. *Physiological reviews*, 78(4), 969-1054. Gao, S.; Yin, T.; Xu, B.; Ma, Y.; Hu, M. Amino acid facilitates absorption of copper in the Caco-2 cell culture model. *Life Sci*. 2014, 109, 50–56.
- 215) Papatsiros, V., Tassis, P., Tzika, E., Papaioannou, D., Petridou, E., Alexopoulos, C., & Kyriakis, S. (2011). Effect of benzoic acid and combination of benzoic acid with a probiotic containing *Bacillus Cereus* var. *toyoi* in weaned pig nutrition. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 14(1).
- 216) Pastorelli, H., Le Floc'H, N., Merlot, E., Meunier-Salaün, M. C., Van Milgen, J., & Montagne, L. (2012). Feed restriction applied after weaning has different effects on pig performance and health depending on the sanitary conditions. *Journal of Animal Science*, 90(13), 4866-4875.
- 217) Peace, R. M., Campbell, J., Polo, J., Crenshaw, J., Russell, L., & Moeser, A. (2011). Spray-dried porcine plasma influences intestinal barrier function, inflammation, and diarrhea in weaned pigs. *The Journal of nutrition*, 141(7), 1312-1317.
- 218) Pesti, G. M., & Bakalli, R. I. (1996). Studies on the feeding of cupric sulfate pentahydrate and cupric citrate to broiler chickens. *Poultry Science*, 75(9), 1086-1091.

- 219) Peters, J. C., & Mahan, D. C. (2008). Effects of dietary organic and inorganic trace mineral levels on sow reproductive performances and daily mineral intakes over six parities. *Journal of animal science*, 86(9), 2247-2260.
- 220) Pié, S., Lallès, J. P., Blazy, F., Laffitte, J., Sève, B., & Oswald, I. P. (2004). Weaning is associated with an upregulation of expression of inflammatory cytokines in the intestine of piglets. *The Journal of nutrition*, 134(3), 641-647.
- 221) Pierce, K. M., Callan, J. J., McCarthy, P., & O'Doherty, J. V. (2005). Performance of weanling pigs offered low or high lactose diets supplemented with avilamycin or inulin. *Animal Science*, 80(3), 313-318.
- 222) Piva, A., Morlacchini, M., Casadei, G., Gatta, P. P., Biagi, G., & Prandini, A. (2002). Sodium butyrate improves growth performance of weaned piglets during the first period after weaning. *Italian Journal of Animal Science*, 1(1), 35-41.
- 223) Pluske, J. R. (2016). Invited review: aspects of gastrointestinal tract growth and maturation in the pre-and postweaning period of pigs. *Journal of animal science*, 94(suppl_3), 399-411.
- 224) Pluske, J. R., Hampson, D. J., & Williams, I. H. (1997). Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. *Livestock production science*, 51(1-3), 215-236.
- 225) Pluske, J. R., Hampson, D. J., & Williams, I. H. (1997). Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. *Livestock production science*, 51(1-3), 215-236.
- 226) Pluske, J. R., Hampson, D. J., & Williams, I. H. (1997). Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. *Livestock production science*, 51(1-3), 215-236.
- 227) Pluske, J. R., Kim, J. C., Hansen, C. F., Mullan, B. P., Payne, H. G., Hampson, D. J., ... & Wilson, R. H. (2007). Piglet growth before and after weaning in relation to a qualitative estimate of solid (creep) feed intake during lactation: A pilot study. *Archives of animal nutrition*, 61(6), 469-480.
- 228) Pluske, J. R., Le Dividich, J., & Verstegen, M. W. (Eds.). (2003). *Weaning the pig: concepts and consequences*. Wageningen Academic Publishers.
- 229) Pluske, J. R., Pethick, D. W., Hopwood, D. E., & Hampson, D. J. (2002). Nutritional influences on some major enteric bacterial diseases of pig. *Nutrition research reviews*, 15(2), 333-371.

- 230) Pluske, J. R., Turpin, D. L., & Kim, J. C. (2018). Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. *Animal Nutrition*, 4(2), 187-196.
- 231) Porter, P., & Kenworthy, R. (1969). A study of intestinal and urinary amines in pigs in relation to weaning. *Research in Veterinary Science*, 10(5), 440-447.
- 232) Powell, J. J., Whitehead, M. W., Ainley, C. C., Kendall, M. D., Nicholson, J. K., & Thompson, R. P. (1999). Dietary minerals in the gastrointestinal tract: hydroxypolymerisation of aluminium is regulated by luminal mucins. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 75(3), 167-180.
- 233) Pravilnik o kvalitetu hrane za životinje. (2010). Sl glasnik RS, 4.
- 234) Pravilnik o metodama uzimanja uzoraka i metodama fizičkih, hemijskih i mikrobioloških analiza stočne hrane. (1987). Službeni list SFRJ, 15.
- 235) Price, J., Tee, B. C., Vig, K., Shanker, S., Kennedy, K., & Sun, Z. (2015). Growth characteristics underlying the lack of a chin in pigs: a histomorphometric study. *Orthodontics & craniofacial research*, 18(4), 232-241.
- 236) Qi, Z., & Chen, Y. G. (2015). Regulation of intestinal stem cell fate specification. *Science China Life Sciences*, 58, 570-578.
- 237) Qin, S., Zhang, H., Tang, X., & Wang, Y. (2007). The physiology function of acidifier and how to select acid from different acids. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 19, 515-520.
- 238) Radcliffe, J. S., Aldridge, B. E., & Saddoris, K. L. (2007). Understanding organic mineral uptake mechanisms: experiments with Bioplex® Cu. In *Nutritional biotechnology in the feed and food industries: Proceedings of Alltech's 23rd Annual Symposium. The new energy crisis: food, feed or fuel?* (pp. 103-108). Alltech UK.
- 239) Radulović, S. (2014). Ispitivanje uticaja prirodnih stimulatora rasta na zdravstveno stanje i proizvodne rezultate prasadi u odgoju. *Универзумет у Београду*.
- 240) Rajoka, M. S. R., Shi, J., Mehwish, H. M., Zhu, J., Li, Q., Shao, D., ... & Yang, H. (2017). Interaction between diet composition and gut microbiota and its impact on gastrointestinal tract health. *Food Science and Human Wellness*, 6(3), 121-130.
- 241) Rao, Z. X., Tokach, M. D., Woodworth, J. C., DeRouchey, J. M., Goodband, R. D., & Gebhardt, J. T. (2023). Effects of various feed additives on finishing pig growth performance and carcass characteristics: a review. *Animals*, 13(2), 200.
- 242) Rautava, S., Luoto, R., Salminen, S., & Isolauri, E. (2012). Microbial contact during pregnancy, intestinal colonization and human disease. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, 9(10), 565-576.

- 243) Ravindran, V., & Kornegay, E. T. (1993). Acidification of weaner pig diets: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 62(4), 313-322.
- 244) Reese, D. (1995). Pharmacological Levels of Zinc in Nursery Diets-A Review. University of Nebraska-Lincoln: Lincoln, NE, USA.
- 245) Resende, M., Chaves, R. F., Garcia, R. M., Barbosa, J. A., Marques, A. S., Rezende, L. R., ... & de Souza Cantarelli, V. (2020). Benzoic acid and essential oils modify the cecum microbiota composition in weaned piglets and improve growth performance in finishing pigs. *Livestock Science*, 242, 104311.
- 246) Rodríguez, J. M. (2014). The origin of human milk bacteria: is there a bacterial entero-mammary pathway during late pregnancy and lactation?. *Advances in Nutrition*, 5(6), 779-784.
- 247) Rompala, R. E., & Halley, J. T. (1995). Explaining the absorption of chelated trace minerals: The Trojan horse of nutrition. *Feed Management*, 46(4), 52-58.
- 248) Roselli, M., Finamore, A., Britti, M. S., Bosi, P., Oswald, I., & Mengheri, E. (2005). Alternatives to in-feed antibiotics in pigs: Evaluation of probiotics, zinc or organic acids as protective agents for the intestinal mucosa. A comparison of in vitro and in vivo results. *Animal Research*, 54(3), 203-218.
- 249) Rosinski, S., Grigorescu, G., Lewinska, D., Ritzén, L. G., Viernstein, H., Teunou, E., ... & Hunkeler, D. (2002). Characterization of microcapsules: recommended methods based on round-robin testing. *Journal of microencapsulation*, 19(5), 641-659.
- 250) Roth, F. X., & Kirchgessner, M. (1998). Organic acids as feed additives for young pigs: Nutritional and gastrointestinal effects. *J. Anim. Feed Sci*, 7(Suppl 1), 25-33.
- 251) Roura, E., & Fu, M. (2017). Taste, nutrient sensing and feed intake in pigs (130 years of research: then, now and future). *Animal Feed Science and Technology*, 233, 3-12.
- 252) Rupi c, V., Ivandija, L., Luterotti, S., Dominis-Kramari c, M., & Bozac, R. (1998). Plasma proteins and haematological parameters in fattening pigs fed different sources of dietary zinc. *Acta Veterinaria Hungarica*, 46(1), 111-126.
- 253) Salzer, M., Shurson, C., Johnson, L., & Gallaher, D. (1997). Multiple response for assesing zinc status in weanling pigs containing sub-requirement levels of Zn from ZnO, Zn polysaccharide complex, and Zn methionine. *J Anim Sci*, 75(1), 27-39.
- 254) Satessa, G. D., Kjeldsen, N. J., Mansouryar, M., Hansen, H. H., Bache, J. K., & Nielsen, M. O. (2020). Effects of alternative feed additives to medicinal zinc oxide on productivity, diarrhoea incidence and gut development in weaned piglets. *Animal*, 14(8), 1638-1646.

- 255) Sauer, A. K., Pfaender, S., Hagemeyer, S., Tarana, L., Mattes, A. K., Briel, F., ... & Grabrucker, A. M. (2017). Characterization of zinc amino acid complexes for zinc delivery in vitro using Caco-2 cells and enterocytes from hiPSC. *Biometals*, 30, 643-661.
- 256) Scheers, N. M., & Sandberg, A. S. (2008). Ascorbic acid uptake affects ferritin, Dcytb and Nramp2 expression in Caco-2 cells. *European journal of nutrition*, 47, 401-408.
- 257) Schiavon, S., Bailoni, L., Ramanzin, M., Vincenzi, R., Simonetto, A., & Bittante, G. (2000). Effect of proteinate or sulphate mineral sources on trace elements in blood and liver of piglets. *Animal Science*, 71(1), 131-139.
- 258) Schiavon, S., Bailoni, L., Ramanzin, M., Vincenzi, R., Simonetto, A., & Bittante, G. (2000). Effect of proteinate or sulphate mineral sources on trace elements in blood and liver of piglets. *Animal Science*, 71(1), 131-139.
- 259) Schiering, C., Krausgruber, T., Chomka, A., Fröhlich, A., Adelman, K., Wohlfert, E. A., ... & Powrie, F. (2014). The alarmin IL-33 promotes regulatory T-cell function in the intestine. *Nature*, 513(7519), 564-568.
- 260) Schokker, D., Zhang, J., Zhang, L. L., Vastenhouw, S. A., Heilig, H. G., Smidt, H., ... & Smits, M. A. (2014). Early-life environmental variation affects intestinal microbiota and immune development in new-born piglets. *PloS one*, 9(6), e100040.
- 261) Šefer, D., & Sinovec, Z. (2008). Opšta ishrana. *Fakultet Veterinarske medicine Univerziteta u Beogradu, Beograd*.
- 262) Šefer, D., Jakić-Dimić, D., Jokić, Ž., & Sinovec, Z. (2004). Chelated forms of microelements as swine feed additives. *Veterinarski glasnik*, 58(3-4), 469-479.
- 263) Šefer, D., Marković, R., Nedeljković-Trailović, J., Petrujkić, B., Radulović, S., & Grdović, S. (2015). Primena biotehnologije u ishrani životinja. *Vet. glasnik*, 69, 1-2.
- 264) Šefer, D., Nedeljković Trailović, J., Marković, R., Petrujkić B., Radulović, S., Jovanović, D. (2022). Praktikum iz Ishrane. Fakultet Veterinarske medicine, Beograd.
- 265) Šefer, D., Perić, D., Radulović, S., Šefer, M., Grdović, S., Jovanović, D., ... & Marković, R. (2021). Mikroelementi u ishrani visokoproduktivnih krmača-važan faktor za postizanje maksimalnih proizvodnih performansi. 12. *Naučni simpozijum Reprodukcijska domaćih životinja, Divčibare, 07-10. oktobar 2021.*, 125-134.
- 266) Senčić, Đ., Fazekas, J., Mendler, Z., Bačar-Huskić, L., & Antunović, Z. (2001). Učinak obogaćivanja hrane cinkom na proizvodnost i zdravstveni status prasadi. *Krmiva: Časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme*, 43(2), 65-67.
- 267) Ševković, N., Pribićević, S., Rajić, I. (1991). *Ishrana domaćih životinja*, Beograd, Jugoslavija, Naučna knjiga.

- 268) Shahidi, F., & Han, X. Q. (1993). Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 33(6), 501-547.
- 269) Shannon, M. C., & Hill, G. M. (2019). Trace mineral supplementation for the intestinal health of young monogastric animals. *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 73.
- 270) Shannon, M., Boren, C.A., Wu C., Huntington, C., Bollinger, D., Veum, T. (2004). Evaluation of various inclusion rates of organic zinc either as polysaccharide or proteinate complex on the growth performance, plasma, and excretion of nursery pigs. *J. Anim. Sci*, 82, 1359–1366.
- 271) Shields Jr, R. G., Mahan, D. C., & Graham, P. L. (1983). Changes in swine body composition from birth to 145 kg. *Journal of animal science*, 57(1), 43-54.
- 272) Shu, Y., Yu, B., He, J., Yu, J., Zheng, P., Yuan, Z., ... & Mao, X. (2016). Excess of dietary benzoic acid supplementation leads to growth retardation, hematological abnormality and organ injury of piglets. *Livestock Science*, 190, 94-103.
- 273) Shu, Y., Yu, B., He, J., Yu, J., Zheng, P., Yuan, Z., ... & Mao, X. (2016). Excess of dietary benzoic acid supplementation leads to growth retardation, hematological abnormality and organ injury of piglets. *Livestock Science*, 190, 94-103.
- 274) Sim, G. A., Robertson, J. M., & Goodwin, T. H. (1955). The crystal and molecular structure of benzoic acid. *Acta Crystallographica*, 8(3), 157-164.
- 275) Smirnov, A., Perez, R., Amit-Romach, E., Sklan, D., & Uni, Z. (2005). Mucin dynamics and microbial populations in chicken small intestine are changed by dietary probiotic and antibiotic growth promoter supplementation. *The Journal of Nutrition*, 135(2), 187-192.
- 276) Souba, W. W., & Pacitti, A. J. (1992). How amino acids get into cells: mechanisms, models, menus, and mediators. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 16(6), 569-578.
- 277) Spreeuwenberg, M. A. M., Verdonk, J. M. A. J., Gaskins, H. R., & Verstegen, M. W. A. (2001). Small intestine epithelial barrier function is compromised in pigs with low feed intake at weaning. *The Journal of nutrition*, 131(5), 1520-1527.
- 278) SRPS EN ISO 5983-2/2010, Hrana za životinje, Određivanje sadržaja azota i izračunavanje sadržaja sirovih proteina.
- 279) SRPS EN ISO 6865/2008, Hrana za životinje -Određivanje sadržaja sirove celuloze - metoda sa međufiltracijom.
- 280) SRPS EN ISO 6869/2008, Hrana za životinje - Određivanje sadržaja bakra, mangana i cinka - metoda atomske apsorpcione spektrometrije AAS.

- 281) SRPS ISO 4833-1:2014, Mikrobiologija lanca ishrane – Horizontalna metoda za brojanja mikroorganizama – Deo 1: Brojanje kolonija na 30 °C tehnikom preliivanja ploče (ISO 4833 - 1:2013).
- 282) SRPS ISO 5984/2023, Hrana za životinje, Određivanje sadržaja sirovog pepela.
- 283) SRPS ISO 6490-1/2001, Hrana za životinje, Određivanje sadržaja kalcijuma - volumetrijska metoda.
- 284) SRPS ISO 6491/2002, Hrana za životinje, Određivanje sadržaja fosfora - spektrometrijska metoda.
- 285) SRPS ISO 6492/2001, Hrana za životinje, Određivanje sadržaja masti.
- 286) SRPS ISO 6496/2001, Hrana za životinje, Određivanje sadržaja vlage i drugih isparljivih materija.
- 287) SRPS ISO 7937:2010, Mikrobiologija hrane i stočne hrane - Horizontalna metoda za prebrojavanje *Clostridium perfringens* - Tehnika brojanja kolonija (ISO 7937:2004).
- 288) Stevens, B. R., Kaunitz, J. D., & Wright, E. M. (1984). Intestinal transport of amino acids and sugars: advances using membrane vesicles. *Annual Review of Physiology*, 46(1), 417-433.
- 289) Stiemsma, L. T., & Turvey, S. E. (2017). Asthma and the microbiome: defining the critical window in early life. *Allergy, Asthma & Clinical Immunology*, 13, 1-9.
- 290) Stratford, M., & Eklund, T. (2003). Organic acids and esters. In *Food preservatives* (pp. 48-84). Boston, MA: Springer US.
- 291) Su, Y., Yao, W., Perez-Gutierrez, O. N., Smidt, H., & Zhu, W. Y. (2008). Changes in abundance of *Lactobacillus* spp. and *Streptococcus suis* in the stomach, jejunum and ileum of piglets after weaning. *FEMS microbiology ecology*, 66(3), 546-555.
- 292) Suiryanrayna, M. V., & Ramana, J. V. (2015). A review of the effects of dietary organic acids fed to swine. *Journal of animal science and biotechnology*, 6(1), 1-11.
- 293) Suiryanrayna, M. V., & Ramana, J. V. (2015). A review of the effects of dietary organic acids fed to swine. *Journal of animal science and biotechnology*, 6(1), 1-11.
- 294) Sun, J. Y., Jing, M. Y., Weng, X. Y., Fu, L. J., Xu, Z. R., Zi, N. T., & Wang, J. F. (2005). Effects of dietary zinc levels on the activities of enzymes, weights of organs, and the concentrations of zinc and copper in growing rats. *Biological trace element research*, 107, 153-165.
- 295) Sun, K.Y. (2020). Key measures for feeding and management of weaned piglets. *Chin. Livest. Poult. Breed.*, 16, 103.
- 296) Sun, Y. B., Xia, T., Wu, H., Zhang, W. J., Zhu, Y. H., Xue, J. X., ... & Zhang, L. Y. (2019). Effects of nano zinc oxide as an alternative to pharmacological dose of zinc oxide on

- growth performance, diarrhea, immune responses, and intestinal microflora profile in weaned piglets. *Animal feed science and technology*, 258, 114312.
- 297) Susaki, H., Matsui, T., Ashida, K. Y., Fujita, S., Nakajima, T., & Yano, H. (1999). Availability of a zinc amino acid chelate for growing pigs. *Nihon Chikusan Gakkaiho*, 70(3), 124-128.
- 298) Symonds, H. W., & Hall, E. D. (1983). Acute manganese toxicity and the absorption and biliary excretion of manganese in cattle. *Research in veterinary science*, 35(1), 5-13.
- 299) Tanindi, A., Topal, F. E., Topal, F., & Celik, B. (2012). Red cell distribution width in patients with prehypertension and hypertension. *Blood pressure*, 21(3), 177-181.
- 300) Taylor-Pickard, J. A., Nollet, L., & Geers, R. (2013). Performance, carcass characteristics and economic benefits of total replacement of inorganic minerals by organic forms in growing pig diets. *Journal of Applied Animal Nutrition*, 2, e3.
- 301) Tešić, M. M., Nedić, N. D., & Tajdić, N. (2013). Ekonomika veterinarstva, praktikum. *Fakultet veterinarske medicine, Beograd*.
- 302) Tešić, M., & Nedić, D. (2015). Ekonomika veterinarstva, osnovni udžbenik. *Fakultet veterinarske medicine, Beograd*.
- 303) Thanou, M., Verhoef, J. C., & Junginger, H. E. (2001). Chitosan and its derivatives as intestinal absorption enhancers. *Advanced drug delivery reviews*, 50, S91-S101.
- 304) Theil, P. K., Nielsen, M. O., Sørensen, M. T., & Lauridsen, C. K. E. B. K. (2012). Lactation, milk and suckling. *Nutritional physiology of pigs. Danish Pig Research Centre, Copenhagen, Denmark*, 1-47.
- 305) Theobald, P. (2015). Principles of using organic acids in animal nutrition.
- 306) Thomaz, M. C., Watanabe, P. H., Pascoal, L. A., Assis, M. M., Ruiz, U. S., Amorim, A. B., ... & Robles-Huaynate, R. A. (2015). Inorganic and organic trace mineral supplementation in weanling pig diets. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 87, 1071-1081.
- 307) Thompson, L. J., Hall, J. O., & Meerdink, G. L. (1991). Toxic effects of trace element excess. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 7(1), 277-306.
- 308) To, V. P. T. H., Masagounder, K., & Loewen, M. E. (2021). Critical transporters of methionine and methionine hydroxyl analogue supplements across the intestine: What we know so far and what can be learned to advance animal nutrition. *Comparative Biochemistry and physiology. Part A, Molecular & Integrative Physiology*, 255, 110908-110908.
- 309) Tokarčíková, K., Čobanová, K., Takáčsová, M., Barszcz, M., Taciak, M., Tušnio, A., & Grešaková, Ľ. (2022). Trace Mineral Solubility and Digestibility in the Small Intestine of Piglets Are Affected by Zinc and Fibre Sources. *Agriculture*, 12(4), 517.

- 310) Torrallardona, D., Badiola, I., & Broz, J. (2007). Effects of benzoic acid on performance and ecology of gastrointestinal microbiota in weanling piglets. *Livestock Science*, 108(1-3), 210-213.
- 311) Turner, J. R. (2009). Intestinal mucosal barrier function in health and disease. *Nature reviews immunology*, 9(11), 799-809.
- 312) Turner, J. R., Rill, B. K., Carlson, S. L., Carnes, D., Kerner, R., Mrsny, R. J., & Madara, J. L. (1997). Physiological regulation of epithelial tight junctions is associated with myosin light-chain phosphorylation. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 273(4), C1378-C1385.
- 313) Underwood, E. J., & Suttle, N. F. (1999). *The mineral nutrition of livestock*. CABI publishing.
- 314) Upadhaya, S. D., Lee, K. Y., & Kim, I. H. (2014). Influence of protected organic acid blends and diets with different nutrient densities on growth performance, nutrient digestibility and faecal noxious gas emission in growing pigs. *Veterinárni medicína*, 59(10).
- 315) Upadhaya, S. D., Lee, K. Y., & Kim, I. H. (2014). Protected organic acid blends as an alternative to antibiotics in finishing pigs. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 27(11), 1600-1607.
- 316) Vallee, B. L., & Falchuk, K. H. (1993). The biochemical basis of zinc physiology. *Physiological reviews*, 73(1), 79-118.
- 317) Van Der Flier, L. G., & Clevers, H. (2009). Stem cells, self-renewal, and differentiation in the intestinal epithelium. *Annual review of physiology*, 71, 241-260.
- 318) Van der Sluis, W. (2002). Water quality is important but often overestimated. *World poultry*, 18(5), 26-32.
- 319) Van Immerseel, F., Russell, J. B., Flythe, M. D., Gantois, I., Timbermont, L., Pasmans, F., ... & Ducatelle, R. (2006). The use of organic acids to combat Salmonella in poultry: a mechanistic explanation of the efficacy. *Avian pathology*, 35(3), 182-188.
- 320) Varley, M. A., Wiseman, J. (2001). *The Weaner Pig: Nutrition and Management*, CABI Publishing: Wallingford, UK.
- 321) Veum, T. L., Bollinger, D. W., Ellersieck, M., & Halley, J. T. (1995). Proteinated trace minerals and condensed fish protein digest in weanling pig diets. *Journal of Animal Science*, 73(Suppl 1), 308.
- 322) Veum, T. L., Bollinger, D. W., Ellersieck, M., & Halley, J. T. (1995). Proteinated trace minerals and condensed fish protein digest in weanling pig diets. *Journal of Animal Science*, 73(Suppl 1), 308.

- 323) Villagómez Estrada, S. (2021). Strategies of trace mineral supplementation for swine development and sustainability. doktorska disertacija helati
- 324) Walsh, M. C., Sholly, D. M., Hinson, R. B., Saddoris, K. L., Sutton, A. L., Radcliffe, J. S., ... & Richert, B. T. (2007). Effects of water and diet acidification with and without antibiotics on weanling pig growth and microbial shedding. *Journal of animal science*, 85(7), 1799-1808.
- 325) Wang, H., Xu, R., Zhang, H., Su, Y., & Zhu, W. (2020). Swine gut microbiota and its interaction with host nutrient metabolism. *Animal Nutrition*, 6(4), 410-420.
- 326) Wang, J. H., Wu, C. C., & Feng, J. (2011). Effect of dietary antibacterial peptide and zinc-methionine on performance and serum biochemical parameters in piglets.
- 327) Wang, J. H., Wu, C. C., & Feng, J. (2011). Effect of dietary antibacterial peptide and zinc-methionine on performance and serum biochemical parameters in piglets.
- 328) Wang, J. P., Yoo, J. S., Lee, J. H., Jang, H. D., Kim, H. J., Shin, S. O., ... & Kim, I. H. (2009). Effects of phenyllactic acid on growth performance, nutrient digestibility, microbial shedding, and blood profile in pigs. *Journal of animal science*, 87(10), 3235-3243.
- 329) Wang, J., Zeng, L., Tan, B., Li, G., Huang, B., Xiong, X., ... & Yin, Y. (2016). Developmental changes in intercellular junctions and Kv channels in the intestine of piglets during the suckling and post-weaning periods. *Journal of animal science and biotechnology*, 7, 1-10.
- 330) Wang, L. X., Wang, Z. H., Lu, W. C., & You, F. (2003). Effect of supplementation of zinc oxide or Zn-methionine on performance and biochemical parameters of blood in the piglets. *Journal of Animal and Veterinary Science*, 35, 21-22.
- 331) Wang, L., Pu, W. X., Zha, X. Y. P., Meng, X. Q., Guo, F. C. (2008). Deng, H.P. Research on Living Yeast Products on Diarrhea Occurrence, Growth Performance and pH Value of Intestinal Tract for Weaning Piglets. *Chin. J. Vet. Drug*, 9, 1-5.
- 332) Wang, M., Yang, C., Wang, Q. Y., Li, J. Z., Li, Y. L., Ding, X. Q., ... & Yin, Y. L. (2020). The growth performance, intestinal digestive and absorptive capabilities in piglets with different lengths of small intestines. *Animal*, 14(6), 1196-1203.
- 333) Wang, S., & Chen, Y. G. (2018). BMP signaling in homeostasis, transformation and inflammatory response of intestinal epithelium. *Science China Life Sciences*, 61, 800-807.
- 334) Wang, X. C., Yang, H. S., Gao, W., Xiong, X., Gong, M., & Yin, Y. L. (2016). Differential effects of dietary protein contents on jejunal epithelial cells along the villus-crypt axis in nursery piglets. *Journal of Animal Science*, 94(suppl_3), 354-358.
- 335) Wang, X., Du, Y., & Liu, H. (2004). Preparation, characterization and antimicrobial activity of chitosan-Zn complex. *Carbohydrate polymers*, 56(1), 21-26.

- 336) Watson, L. T., Ammerman, C. B., Feaster, J. P., & Roessler, C. E. (1973). Influence of manganese intake on metabolism of manganese and other minerals in sheep. *Journal of animal science*, 36(1), 131-136.
- 337) Wedekind, K. J., Lewis, A. J., Gieseemann, M. A., & Miller, P. S. (1994). Bioavailability of zinc from inorganic and organic sources for pigs fed corn-soybean meal diets. *Journal of animal science*, 72(10), 2681-2689.
- 338) Weichselbaum, L., & Klein, O. D. (2018). The intestinal epithelial response to damage. *Science China Life Sciences*, 61, 1205-1211.
- 339) Wellock, I. J., Fortomaris, P. D., Houdijk, J. G. M., & Kyriazakis, I. (2008). Effects of dietary protein supply, weaning age and experimental enterotoxigenic *Escherichia coli* infection on newly weaned pigs: health. *Animal*, 2(6), 834-842.
- 340) Welsh, M. J., Smith, P. L., Fromm, M., & Frizzell, R. A. (1982). Crypts are the site of intestinal fluid and electrolyte secretion. *Science*, 218(4578), 1219-1221.
- 341) Williams, B. A., Bosch, M. W., Awati, A., Konstantinov, S. R., Smidt, H., Akkermans, A. D., ... & Tamminga, S. (2005). In vitro assessment of gastrointestinal tract (GIT) fermentation in pigs: Fermentable substrates and microbial activity. *Animal Research*, 54(3), 191-201.
- 342) Williams, N. H., Stahly, T. S., & Zimmerman, D. R. (1997). Effect of chronic immune system activation on the rate, efficiency, and composition of growth and lysine needs of pigs fed from 6 to 27 kg. *Journal of Animal Science*, 75(9), 2463-2471.
- 343) Wong, F. H., Chen, J. S., Reddy, V., Day, J. L., Shlykov, M. A., Wakabayashi, S. T., & Saier Jr, M. H. (2012). The amino acid-polyamine-organocation superfamily. *Journal of molecular microbiology and biotechnology*, 22(2), 105-113.
- 344) Wu, G. (2016). Dietary protein intake and human health. *Food & function*, 7(3), 1251-1265.
- 345) Xiao, S., Li, S., Zhang, J., Zhang, S., Dai, L., Bao, Y., ... & Zhao, Z. (2009). Cloning and characterization of class 1 and class 2 insulin-like growth factor-I mRNA in Songliao black pig. *Molecular biology reports*, 36, 415-421.
- 346) Xiao, S., Li, S., Zhang, J., Zhang, S., Dai, L., Bao, Y., ... & Zhao, Z. (2009). Cloning and characterization of class 1 and class 2 insulin-like growth factor-I mRNA in Songliao black pig. *Molecular biology reports*, 36, 415-421.
- 347) Xing, C., Hao, C., Liu, L., Xu, C., & Kuang, H. (2014). A highly sensitive enzyme-linked immunosorbent assay for copper (II) determination in drinking water. *Food and Agricultural Immunology*, 25(3), 432-442.

- 348) Xiong, X., Tan, B., Song, M., Ji, P., Kim, K., Yin, Y., & Liu, Y. (2019). Nutritional intervention for the intestinal development and health of weaned pigs. *Frontiers in veterinary science*, 6, 46.
- 349) Xue, P., Shen, F., Wang, T., Zhou, Y. M. (2018). Effects of Sodium butyrate on intestinal microflora, pH value, volatile Fatty acids and intestinal Morphology of early weaned piglets. *Feed Res*, 6, 7–13.
- 350) Yablanski, T. (1986). Lordation between the activity of the plasma enzyme GOT, GPT, AKP and some performance qualities in pigs. *Col Sci Work*, 30(30), 599-616.
- 351) Yamabayashi, S. (1987). Periodic acid—Schiff—Alcian Blue: A method for the differential staining of glycoproteins. *The Histochemical Journal*, 19, 565-571.
- 352) Yan, L., & Kim, I. H. (2013). Effects of dietary supplementation of fermented garlic powder on growth performance, apparent total tract digestibility, blood characteristics and faecal microbial concentration in weanling pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97(3), 457-464.
- 353) Yılmaz, S., Ünal, F., & Yüzbaşıoğlu, D. (2009). The in vitro genotoxicity of benzoic acid in human peripheral blood lymphocytes. *Cytotechnology*, 60, 55-61.
- 354) Zafar, M. H., & Fatima, M. (2018). Efficiency comparison of organic and inorganic minerals in poultry nutrition: a review. *PSM Veterinary Research*, 3(2), 53-59.
- 355) Zeng, Y. D., Wang, Z. R., Zou, T. D., Zheng, L. Z., Li, S., & You, J. M. (2020). Effects of bacteriophage on growth performance, intestinal pH, volatile fatty acid contents and disaccharase activity of weaned piglets.
- 356) Zentek, J., Ferrara, F., Pieper, R., Tedin, L., Meyer, W., & Vahjen, W. (2013). Effects of dietary combinations of organic acids and medium chain fatty acids on the gastrointestinal microbial ecology and bacterial metabolites in the digestive tract of weaning piglets. *Journal of animal science*, 91(7), 3200-3210.
- 357) Zhai, H., Luo, Y., Ren, W., Schyns, G., & Guggenbuhl, P. (2020). The effects of benzoic acid and essential oils on growth performance, nutrient digestibility, and colonic microbiota in nursery pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 262, 114426.
- 358) Zhai, H., Ren, W., Wang, S., Wu, J., Guggenbuhl, P., & Klünter, A. M. (2017). Growth performance of nursery and grower-finisher pigs fed diets supplemented with benzoic acid. *Animal Nutrition*, 3(3), 232-235.
- 359) Zhang, C., Chen, D., & Ding, X. (2005). The effect of zinc amino acid chelate on the performance of weaning pigs. *SICHUAN NONGYE DAXUE XUEBAO*, 23(4), 490.

- 360) Zhang, W. F., Tian, M., Song, J. S., Chen, F., Lin, G., Zhang, S. H., & Guan, W. T. (2021). Effect of replacing inorganic trace minerals at lower organic levels on growth performance, blood parameters, antioxidant status, immune indexes, and fecal mineral excretion in weaned piglets. *Tropical Animal Health and Production*, *53*, 1-8.
- 361) Zhang, W., Sun, S., Zhang, Y., Zhang, Y., Wang, J., Liu, Z., & Yang, K. (2024). Benzoic acid supplementation improves the growth performance, nutrient digestibility and nitrogen metabolism of weaned lambs. *Frontiers in Veterinary Science*, *11*.
- 362) Zhang, Y., Ward, T. L., Ji, F., Peng, C., Zhu, L., Gong, L., & Dong, B. (2018). Effects of zinc sources and levels of zinc amino acid complex on growth performance, hematological and biochemical parameters in weanling pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *31*(8), 1267.
- 363) Zhang, Y., Ward, T. L., Ji, F., Peng, C., Zhu, L., Gong, L., & Dong, B. (2018). Effects of zinc sources and levels of zinc amino acid complex on growth performance, hematological and biochemical parameters in weanling pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *31*(8), 1267.
- 364) Zhang, Y., Ward, T. L., Ji, F., Peng, C., Zhu, L., Gong, L., & Dong, B. (2018). Effects of zinc sources and levels of zinc amino acid complex on growth performance, hematological and biochemical parameters in weanling pigs. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, *31*(8), 1267.
- 365) Zhang, Z. F., Cho, J. H., & Kim, I. H. (2013). Effects of chelated copper and zinc supplementation on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, and fecal noxious gas emission in weanling pigs. *Journal of Animal Science and Technology*, *55*(4), 295-301.
- 366) Zhao, J., Zhang, X., Liu, H., Brown, M. A., & Qiao, S. (2019). Dietary protein and gut microbiota composition and function. *Current Protein and Peptide Science*, *20*(2), 145-154.
- 367) Zhao, P. Y., Jung, J. H., & Kim, I. H. (2012). Effect of mannan oligosaccharides and fructan on growth performance, nutrient digestibility, blood profile, and diarrhea score in weanling pigs. *Journal of Animal Science*, *90*(3), 833-839.
- 368) Zhou, J., Xiong, X., Wang, K., Zou, L., Lv, D., & Yin, Y. (2017). Ethanolamine metabolism in the mammalian gastrointestinal tract: mechanisms, patterns, and importance. *Current molecular medicine*, *17*(2), 92-99.
- 369) Zhou, X. L., Kong, X. F., Lian, G. Q., Blachier, F., Geng, M. M., & Yin, Y. L. (2014). Dietary supplementation with soybean oligosaccharides increases short-chain fatty

acids but decreases protein-derived catabolites in the intestinal luminal content of weaned Huanjiang mini-piglets. *Nutrition Research*, 34(9), 780-788.

- 370) Zorlu, A., Bektasoglu, G., Guven, F. M. K., Dogan, O. T., Gucuk, E., Ege, M. R., ... & Yilmaz, M. B. (2012). Usefulness of admission red cell distribution width as a predictor of early mortality in patients with acute pulmonary embolism. *The American journal of cardiology*, 109(1), 128-134.

BIOGRAFIJA

Dejan Perić rođen je 30. januara 1992. godine u Brčkom u Republici Srpskoj, Bosni i Hercegovini. Gimnaziju “Vaso Pelagić” u Brčkom završio je 2011. godine. Iste godine je upisao osnovne integrisane akademske studije na Fakultetu veterinarske medicine Univerziteta u Beogradu. Tokom studija bio je stipendista Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, kao i Fonda za mlade talente Ministarstva omladine i sporta. Dvanaesti semestar studija proveo je na Veterinarskom univerzitetu u Beču kao učesnik *Central European Exchange Programme for University Studies - CEEPUS* programa. Diplomirao je 22.09.2017. godine sa prosečnom ocenom 9,68 (devet 68/100), dobivši povelju za studenta generacije. Nakon diplomiranja upisao je doktorske akademske studije na Fakultetu veterinarske medicine Univerziteta u Beogradu. Uspešno je položio ispite na doktorskim akademskim studijama sa prosečnom ocenom 9,81 (devet 81/100). Od 3. maja 2018. godine angažovan je na projektu Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja „Odabrane biološke opasnosti za bezbednost/kvalitet hrane animalnog porekla i kontrolne mere od farme do potrošača“ (TR 31034). U martu mesecu 2019. godine izabran je u zvanje asistenta na Katedri za ishranu i botaniku Fakulteta veterinarske medicine. Učestvuje u izvođenju praktične nastave na osnovnim integrisanim akademskim studijama Fakulteta veterinarske medicine na predmetima Ishrana 1, Ishrana 2 i Botanika.

Objavio je rad iz kategorije M23 sa tematikom vezanom za predloženu doktorsku disertaciju.

Dejan Perić, Roberto Barea, Slađan Nešić, Lazar Makivić, Jelena Janjić, Šefer Dragan Šefer & Radmila Marković. (2023). Effects of dietary supplementation with benzoic acid and chelated copper, zinc and manganese sources on production performance in piglets. *Acta Veterinaria*, 73(3), 355-373.

Prijavu doktorske disertacije pod nazivom “Ispitivanje uticaja protektirane benzojeve kiseline i helatnih formi bakra, mangana i cinka na zdravstveni status i proizvodne performanse prasadi” predao je maja meseca 2023. godine, a na 244. sednici održanoj 24.05.2023. godine, Nastavno-naučno veće Fakulteta veterinarske medicine Univerziteta u Beogradu imenovalo je Komisiju za procenu ispunjenosti uslova o naučnoj zasnovanosti doktorske disertacije i podobnosti kandidata za njenu izradu u sastavu: dr Radmila Marković, redovni profesor, dr Dragan Šefer, redovni profesor, dr Slađan Nešić, vanredni profesor, dr Milorad Mirilović, redovni profesor, dr Nemanja Zdravković, viši naučni saradnik.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани Дејан Н. Перић

број уписа 2017/5002

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Испитивање утицаја протектиране бензоеве киселине и хелатних форми бакра, мангана и цинка на здравствени статус и производне перформансе прасади

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

Потпис докторанда

У Београду, _____



Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Дејан Н. Перић

Број уписа: 2017/5002

Студијски програм: Докторске академске студије

Наслов рада: Испитивање утицаја протектиране бензоеве киселине и хелатних форми бакра, мангана и цинка на здравствени статус и производне перформансе прасади

Ментор: Проф. др Радмила В. Марковић

Потписани: Дејан Н. Перић

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

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

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

Потпис докторанда

У Београду, _____



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

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

Испитивање утицаја протектиране бензоеве киселине и хелатних форми бакра, мангана и цинка на здравствени статус и производне перформансе прасади

која је моје ауторско дело.

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

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

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

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

Потпис докторанда

У Београду, _____



1. Ауторство - Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.