

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Jakov Jurčević, dipl.ing.

**UTJECAJ DODATKA BIOFORTIFICIRANOG I NANO SELENA (Se) U
HRANIDBI ZALUČENE PRASADI NA PROIZVODNA SVOJSTVA,
ZDRAVSTVENI STATUS I ANTIOKSIDATIVNU AKTIVNOST**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Osijek, 2024.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Jakov Jurčević, dipl.ing.

**UTJECAJ DODATKA BIOFORTIFICIRANOG I NANO SELENA (Se) U
HRANIDBI ZALUČENE PRASADI NA PROIZVODNA SVOJSTVA,
ZDRAVSTVENI STATUS I ANTIOKSIDATIVNU AKTIVNOST**

- Doktorska disertacija -

Osijek, 2024.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Jakov Jurčević, dipl.ing.

**UTJECAJ DODATKA BIOFORTIFICIRANOG I NANO SELENA (Se) U
HRANIDBI ZALUČENE PRASADI NA PROIZVODNA SVOJSTVA,
ZDRAVSTVENI STATUS I ANTIOKSIDATIVNU AKTIVNOST**

- Doktorska disertacija -

Mentor: izv. prof. dr. sc. Vladimir Margeta

Povjerenstvo za ocjenu:

- 1. dr. sc. Zvonimir Steiner, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, predsjednik**
- 2. dr. sc. Vlado Vuković, redoviti profesor Fakulteta za zemljodjelski nauk i hrana Skopje, Univerzitet Sv. Kiril i Metodij, Skopje, Sjeverna Makedonija, član**
- 3. dr. sc. Vesna Gantner, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, član**

Osijek, 2024.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Jakov Jurčević, dipl.ing.

**UTJECAJ DODATKA BIOFORTIFICIRANOG I NANO SELENA (Se) U
HRANIDBI ZALUČENE PRASADI NA PROIZVODNA SVOJSTVA,
ZDRAVSTVENI STATUS I ANTIOKSIDATIVNU AKTIVNOST**

- Doktorska disertacija -

Mentor: izv. prof. dr. sc. Vladimir Margeta

**Javna obrana doktorske disertacije održana je 9. veljače 2024. godine pred
Povjerenstvom za obranu:**

- 1. dr. sc. Zvonimir Steiner, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, predsjednik**
- 2. dr. sc. Vlado Vuković, redoviti profesor Fakulteta za zemljodjelski nauk i hrana Skopje, Univerzitet Sv. Kiril i Metodij, Skopje, Sjeverna Makedonija, član**
- 3. dr. sc. Vesna Gantner, redovni profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, član**

Osijek, 2024.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorska disertacija

Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

Poslijediplomski sveučilišni (doktorski) studij: Poljoprivredne znanosti

Smjer: Stočarstvo

UDK:

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Poljoprivreda

Grana: Stočarstva

Utjecaj dodatka biofortificiranog i nano selen (Se) u hranidbi zalučene prasadi na proizvodna svojstva, zdravstveni status i antioksidativnu aktivnost

Jakov Jurčević, dipl. inž.

Disertacija je izrađena na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti u Osijeku Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Vladimir Margeta

Istraživanje je provedeno na 200 prasadi PIC hibrida svinja pri čemu je prasad bila podijeljena u 4 skupine po 50 prasadi (25 muških i 25 ženskih). Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj dodatka u obroku zalučene prasadi različitih izvora i oblika selena (Se) na proizvodna svojstva i razvoj prasadi, njihov zdravstveni status i antioksidativnu aktivnost. Za potrebe utvrđivanja ukupnih i prosječnih dnevnih prirasta tijekom provedbe istraživanja izvršena su kontrolna vaganja sve prasadi. U svrhu patoanatomskog pregleda 0. dana žrtvovano je po jedno prase iz svake skupine te po pet prasadi iz svake skupine 42. dana pokusa. Nakon žrtvovanja, od svakog praseta uzeti su uzorci duodenuma, jejunuma, mišića, perifernog limfnog čvora, koštane moždine, srca, bubrega, štitnjače i pluća za patoanatomsku pretragu žrtvovane prasadi. Za potrebe hematoloških pretraga, biokemijskih analiza i utvrđivanje aktivnosti enzima uzeti su uzorci krvi iz gornje šuplje vene (vena cava cranialis) i 5 ml za biokemijske analize. 42. dan pokusa prasadi je uzeta krv za potrebe biokemijske analize. Iz svakog uzorka odvojeno je 2 ml krvi i centrifugirano na $3000 \times g$ 10 minuta na $4^\circ C$ kako bi se dobila plazma za biokemijska ispitivanja. Ukupno je utvrđeno i analizirano 14 biokemijskih parametara. Utvrđivala se i aktivnost enzima glutation peroksidaze (GPx) i superoksid-dismutaze (SOD) te sadržaj selena (Se), cinka (Zn) i željeza (Fe) u krvi, tkivima i organima. Utvrđen je pozitivan učinak dodavanja obroka sa Se iz biofortificiranih krmiva na zdravstveni status i preživljavanje prasadi, te na njihov imuni odgovor. Kod iste skupine prasadi utvrđene su statistički značajno više vrijednosti koncentracije hemoglobina. Između pokusne skupine koja je dobivala organski selen i skupine koja je dobivala nano selen u obroku utvrđene su statistički visoko značajne razlike u vrijednosti trombocita u krvi prasadi. Utvrđena je, također, jaka pozitivna korelacija između tjelesnih masa, zatim između vrijednosti hemoglobina i hematokrita, između MCV i MCH te MCH i MCHC. Što se tiče sadržaja selena (Se) u promatranim tkivima i organima, utvrđen je statistički značajno viši udio Se u MLD-u prasadi druge pokusne skupine u odnosu na sve ostale ispitivane skupine. Isti slučaj utvrđen je i kod MTF, gdje su kod prasadi koja je dobivala Se iz biofortificiranih krmiva utvrđene statistički značajno više vrijednosti selena u odnosu na MTF ostalih ispitivanih skupina. I kod srca, jetre, štitnjače i bubrega utvrđen je statistički značajno viši sadržaj selena kod prasadi druge pokusne skupine, koja je u obrocima dobivala selen iz biofortificiranih krmiva u odnosu na prasad ostalih skupina uključenih u istraživanje.

Broj stranica: 159

Broj slika: 10

Broj tablica: 44

Broj grafikona: 4

Broj literaturnih navoda: 178

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: zalučena prasad, selen, biofortifikacija, imuni odgovor

Datum obrane: 09.02.2024. godine

Povjerenstvo za obranu:

1. **prof. dr. sc. Zvonimir Steiner** – predsjednik
2. **prof. dr. sc. Vlado Vuković** – član
3. **prof. dr. sc. Vesna Gantner** – član

Disertacija je pohranjena u:

Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Sveučilište u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci, Sveučilište u Splitu

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

PhD thesis

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Postgraduate university study: Agricultural sciences

Course: Animal Nutrition and Forage Technology

UDK:

Scientific Area: Biotechnical Sciences

Scientific Field: Agriculture

Branch: Livestock production

The influence of the addition of biofortified and nano selenium (Se) in the feeding of weaned piglets on production properties, health status and antioxidant activity

Jakov Jurčević, ing. agr.

Thesis performed at Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

Supervisor: Ass. Prof. Dr. sc. Vladimir Margeta

The research was conducted on 200 piglets of PIC hybrid pigs, where the piglets were divided into 4 groups of 50 piglets (25 male and 25 female). The aim of the research was to determine the influence of supplementation of different sources and forms of selenium (Se) in the diet of fattened piglets on production properties and development of piglets, their health status and antioxidant activity. For the purposes of determining the total and average daily gains during the research, control weighings of all piglets were carried out. For the purpose of pathoanatomical examination, one piglet from each group was sacrificed on day 0 and five piglets from each group on day 42 of the experiment. After sacrifice, samples of duodenum, jejunum, muscle, peripheral lymph node, bone marrow, heart, kidney, thyroid and lung were taken from each piglet for pathoanatomical examination of the sacrificed piglet. For the purposes of hematological tests, biochemical analyzes and determination of enzyme activity, blood samples were taken from the superior vena cava (vena cava cranialis and 5 ml for biochemical analyses. On the 42nd day of the experiment, piglet blood was taken for biochemical analysis. 2 ml was separated from each sample blood and centrifuged at $3000 \times g$ for 10 minutes at 4°C to obtain plasma for biochemical tests. A total of 14 biochemical parameters were determined and analyzed. The activity of the enzymes glutathione peroxidase (GPx) and superoxide dismutase (SOD) and the content selenium (Se), zinc (Zn) and iron (Fe) in blood, tissues and organs. A positive effect of supplementing rations with Se from biofortified feeds on the health status and survival of piglets, and on their immune response was determined. In the same group of piglets, are statistically significantly higher values of hemoglobin concentration. Between the experimental group that received organic selenium and the group that received nano selenium in the meal, statistically highly significant differences were found in the value of platelets in the blood of piglets. A strong positive correlation was also found between body masses, then between hemoglobin and hematocrit values, between MCV and MCH and MCH and MCHC. Regarding the content of selenium (Se) in the observed tissues and organs, a statistically significantly higher proportion of Se was found in the MLD of the piglets of the second experimental group compared to all other tested groups. The same case was found in the MTF, where statistically significantly higher selenium values were found in the piglets that received Se from biofortified feed compared to the MTF of the other tested groups. In the heart, liver, thyroid and kidneys, a statistically significantly higher selenium content was found in the piglets of the second experimental group, which received selenium in their meals from biofortified feed compared to the piglets of the other groups included in the research.

Number of pages: 159

Number of figures: 10

Number of tables: 44

Number of graphs: 4

Number of references: 178

Original in: croatian

Key words: salted piglet, selenium, biofortification, immune response,

Date of the thesis defense: 09.02.2024. godine

Reviewers:

1. **PhD Zvonimir Steiner, associated professor** – president
2. **PhD Vlado Vuković, professor** – member
3. **PhD Vesna Gantner, professor** – member

Thesis deposited in:

National and University Library, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, University of Zagreb; University of Rijeka; University of Split

KAZALO

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	3
2.1. Selen	3
2.1.1. Kemijska i fizikalna svojstva selena	3
2.1.2. Spojevi selena u prirodi	5
2.1.3. Organski oblici selena	5
2.1.3.1. Selenocistein.....	6
2.1.3.2. Selenometionin	7
2.1.4. Dostupnost selena u prirodi	8
2.2. Biofortifikacija	9
2.2.1. Biofortifikacija selenom	11
2.3. Nutritivni i fiziološki značaj selena.....	13
2.3.1. Super-oksidi dismutaza (SOD).....	14
2.3.2. Glutacion-peroksidaza (GPx)	16
2.3.3. Katalaza	18
2.4. Nano selen	19
2.5. Selen u hranidbi svinja.....	20
3. CILJ ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZA	32
4. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA	33
4.1. Plan istraživanja	33
4.2. Hranidba prasadi tijekom pokusa.....	34
4.3. Utvrđivanje proizvodnih svojstava	38
4.4. Uzorkovanje za patoanatomske pretrage	39
4.5. Hematološke pretrage	40
4.6. Biokemijske analize	41
4.7. Utvrđivanje aktivnosti enzima	42
4.8. Boja tkiva	42
4.9. Statistička analiza rezultata istraživanja	42
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	49
5.1. Proizvodni pokazatelji	49
5.1.1. Tjelesne mase	49
5.1.2. Prosječni dnevni prirast	53

5.1.3. Zdravstveni status prasadi	55
5.2. Hematološki pokazatelji	55
5.2.1. Enzimatske vrijednosti u krvi prasadi	81
5.3. Biokemijski pokazatelji	86
6. RASPRAVA	124
6.1. Proizvodni pokazatelji	124
6.2. Hematološki pokazatelji	125
6.3. Biokemijski pokazatelji	128
7. ZAKLJUČAK	133
8. LITERATURA	137
9. SAŽETAK	154
10. SUMMARY	155
11. PRILOG	156
ŽIVOTOPIS	159

POPIS KRATICA KORIŠTENIH U TEKSTU

CV	Koeficijent varijabilnosti
GPx	Glutation peroksidaza
HCT	Hematokrit (engl. Hematocrit)
HDL	Lipoprotein velike gustoće
HGB	Koncentracija hemoglobina
IGF-1	Inzulinu sličan faktor rasta 1 (engl. insulin-like growth factor 1)
IGF-2	Inzulinu sličan faktor rasta 2 (engl. insulin-like growth factor 2)
IgG	Imunoglobulin G
IgM	Imunoglobulin M
LDL	Lipoprotein niske gustoće
MCH	Prosječna količina hemoglobina u eritrocitima (engl. mean corpuscular hemoglobin)
MCHC	Prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima (engl. mean corpuscular hemoglobin concentration)
MCV	Prosječni volumen eritrocita (engl. mean corpuscular volume)
MLD	Najduži leđni mišić (lat. musculus longissimus dorsi)
MTF	Femoralni mišić (lat. musculus triceps femoris)
PLT	Koncentracija trombocita (engl. plates)
ppm	Jedan dio na milijun dijelova (engl. parts per million)
RBC	Ukupan broj eritrocita (engl. red blood cells)
SD	Standardna devijacija
SOD	Superoksid dismutaza
SP	Sirovi protein
ST	Suha tvar
TBIL	Ukupni bilirubin
UIBC	Nezasićeni kapacitet vezanja željeza
WBC	Ukupan broj leukocita (engl. white blood cells)

1. UVOD

Uspješnost intenzivne svinjogojske proizvodnje temelji se na maksimalnoj upotrebi genetskog potencijala suvremenih tipova svinja. Da bismo to postigli neophodno je poštivati osim proizvodno-tehnoloških parametara i biološke specifičnosti svinja koje se, prvenstveno, očituju kroz maksimalnu upotrebu hrane i njenu pretvorbu u visoko vrijedne proizvode kao što su mišićno i masno tkivo. Hranidba u najvećoj mjeri utječe na proizvodnost svinja u porastu ali zadnjih godina veliki značaj pridaje se hranidbi kao osnovi za očuvanje i poboljšanje zdravstvenog statusa samih svinja, posebice svinja u ranim životnim stadijima. Dok se u stadiju dojenja može govoriti o značajnom utjecaju majke na proizvodni i zdravstveni status sisajuće prasadi, razdoblje zalučenja je prvi stadij u kojemu proizvodna svojstva i zdravstveni status prasadi ovise najviše o utjecaju hranidbe.

Upravo o zdravstvenom statusu zalučene prasadi ovisi i cjelokupni uspjeh svinjogojske proizvodnje ako govorimo o proizvodnji tovljenika i svinjskog mesa. Pogreške i nedostaci učinjeni u ovom razdoblju životnog vijeka svinja ne mogu se nadoknaditi u kasnijim fazama proizvodnje što izravno utječe na uspješnost i ekonomičnost cjelokupnog proizvodnog procesa. Dodatci u hrani u vidu mikro i makro nutrijenata postali su nezaobilazna metoda poboljšanja gore spomenutih svojstava i statusa. Stoga su se naponi istraživača zadnjih godina usmjerili upravo na optimizaciju obroka koji postaje osnova odziva na zdravstvene, imunološke i biosigurnosne izazove.

Selen (Se) je jedan od najznačajnijih mikronutrijenata koji ima značajnu ulogu za normalan rast i razvoj organizama općenito, pa tako i prasadi. U prirodi se selen pojavljuje u tragovima i to u brojnim organskim i anorganskim oblicima. Organski selen dolazi u obliku aminokiselina, a najpoznatije su metionin (SeMet) i cistein (SeCys) te su kao takve najčešće dostupne životinjama. Anorganski oblici selena su selenidi, selenati ili seleniti koji se najčešće nalaze u tlu odakle ih apsorbiraju biljke. Specifičnost selena je da njegova primjena u odgovarajućim koncentracijama ima brojne pozitivne učinke na organizam prasadi, ali izloženost prekomjernim koncentracijama selen može uzrokovati toksičnost i oksidacijski stres. Većina tla je siromašna selenom, stoga je ovaj element deficitaran u hrani te se njegova dostatnost osigurava dodacima u obroke u obliku organskog ili anorganskog selena. Zadnjih godina primjenjuje se i dodavanje selena u vidu nano čestica jer manje čestice imaju veću aktivnost u odnosu na veće. Najbolji način obogaćanja hrane selenom je kroz proces biofortifikacije usjeva. Na taj način

poboljšava se koncentracija bioraspoloživog selena, čime se poboljšava kvaliteta samog obroka i usvajanje selena od strane prasadi.

Cilj ovog doktorskog rada je utvrditi u kojoj mjeri dodatak različitih izvora i oblika selena (organskog i anorganskog, te nano selena) u obrocima zalučene prasadi utječe na proizvodne pokazatelje u uzgoju (tjelesna masa, dnevni prirast, konverzija hrane) i zdravstvene pokazatelje (mortalitet, obolijevanje, score proljeva, liječenje). Kroz istraživanje će se izvesti i patoanatomske te histološke analize (bakteriološka pretraga: CFU/ml u rektalnom obrisu). Utvrdit će se koncentracija selena u tkivima (krv, mišić, jetra), izlučivanje selena u fecesu i urinu, te antioksidativni status (GPx, GR, SOD, glutation, katalaza u krvi). Imunološki status prasadi utvrdit će se pomoću leukograma i imunofenotipizacije limfocita, a lipidna peroksidacija MDA u mišiću i jetri 0. dan, nakon 7 dana držanja u hladnjaku i nakon 60 dana dubokog smrzavanja (-20°C). Histološke pretrage obuhvatit će građu crijeva (duodenum, jejun) i histološku građu mišića, a biokemijske pretrage definirati će neenzimatske pokazatelje antioksidativnog statusa. Utvrđivanjem navedenih parametara definirat ćemo najpovoljniji oblik i količinu dodatka selena na poboljšanje proizvodnih svojstava zalučene prasadi.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Selen

2.1.1. Kemijska i fizikalna svojstva selen

Selen spada u skupinu esencijalnih mikroelemenata, a njegov značaj posebno se ističe u primjeni u različitim područjima industrije, a posebno u prehrani ljudi i hranidbi životinja. Od svog otkrića selen je pronašao različite primjene u područjima od fotografije i elektronike do biologije i medicine. Istraživanja koja su u tijeku, nastavljaju otkrivati nova saznanja o svojstvima i potencijalnoj upotrebi selen.

Selen je prvi otkrio švedski kemičar Jöns Jacob Berzelius 1817. godine tijekom proizvodnje sumporne kiseline. Berzelius je nazvao element "selen" prema grčkoj riječi "selene" što označava „mjesec“ zbog njegove sličnosti s telurijem. Godine 1873. britanski kemičar Willoughby Smith otkrio je da se električni otpor selen mijenja kada je izložen svjetlu. Ovaj fenomen, poznat kao fotovodljivost, postavio je temelj za upotrebu selen u uređajima osjetljivim na svjetlost. U kasnom 19. stoljeću znanstvenici su istraživali fotoelektrične učinke selen i njegovu sposobnost pretvaranja svjetlosne energije u električnu. Početkom 20. stoljeća selen je korišten u razvoju prvih komercijalno održivih fotografskih mjerača ekspozicije, poznatih kao selenski mjerači. Ti su uređaji koristili fotoelektrična svojstva selen za mjerenje intenziteta svjetlosti. Selenski ispravljači koji koriste sposobnost selen za pretvaranje izmjenične struje (AC) u istosmjernu (DC) uvedeni su u upotrebu početkom 20. stoljeća. Selenski ispravljači naširoko su se koristili u ranim elektroničkim uređajima i energetske sustavima.

U periodnom sustavu elemenata selen je kemijski element sa simbolom Se i atomskim brojem 34. Nemetali su i pripada skupini halkogena. Nalazi se u skupini 16 periodnog sustava zajedno sa kisikom, sumporom, polonijem, telurijem i livermorijem. Selen postoji u nekoliko oblika uključujući anorganske i organske spojeve. U svom čistom elementarnom obliku selen je siva kristalna krutina metalnog sjaja. Čest je element u prirodi, te ga se može naći u svim slojevima (u atmosferi, litosferi, biosferi i hidrosferi Zemlje, Reich i Hondal, 2016.). Međutim, relativno je rijedak u Zemljinoj kori, ali se može pronaći u malim količinama u određenim mineralima, određenom tlu i vodenim tijelima. Selen se nalazi u metalnim sulfidnim rudama u kojima djelomično zamjenjuje sumpor.

atomski broj	34	78.971	atomska težina
simbol	Se		acidobazna svojstva oksida više valencije
elektronska konfiguracija	(Ar)3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴		kristalna struktura
ime	Selen		fizičko stanje pri 20°C

	Drugi nemetali		Čvrsta struktura
	Heksagonalna		Jako kiselo

Slika 1. Atomska i fizikalna svojstva selen (de Laeter i sur., 2000.)

Selen tvori nekoliko alotropa koji se međusobno pretvaraju s promjenama temperature, ovisno o brzini promjene temperature. Kada se priprema u kemijskim reakcijama, selen je obično amorfan prah boje crvene cigle. Kada se brzo otopi formira crni, staklasti oblik koji se obično u prodaji prodaje kao kuglice. Struktura crnog selen je nepravilna i složena, te se sastoji od polimernih prstenova s do 1000 atoma po prstenu. Crni selen je krta, sjajna krutina koja je slabo topljiva u organskim otapalima. Zagrijavanjem omekšava na 50 °C i prelazi u sivi selen na 180 °C, a temperatura transformacije je smanjena prisutnošću halogena i amina. Crveni α , β i γ oblici se proizvode iz otopina crnog selen mijenjanjem brzine isparavanja otapala (obično ugljikov disulfid (CS₂)). Svi oni imaju relativno nisku monoklinsku kristalnu simetriju (prostorna skupina 14) i sadrže gotovo identične naborane ciklooktaselenijeve (Se₈) prstenove s različitim geometrijskim rasporedom kao u sumporu.

Najstabilniji i najgušći oblik selen je siv i ima kiralnu heksagonalnu kristalnu rešetku. Minimalni razmak između lanaca je 343,6 pm. Sivi selen nastaje blagim zagrijavanjem drugih alotropa, polaganim hlađenjem rastaljenog selen ili kondenzacijom para selen malo ispod točke tališta. Dok su drugi oblici selen izolatori, sivi selen je poluvodič koji pokazuje značajnu fotovodljivost. Za razliku od drugih alotropa, netopljiv je u CS₂. Otporan je na oksidaciju zrakom i ne napadaju ga neoksidirajuće kiseline. S jakim redukcijskim sredstvima stvara poliselenide. Selen ne pokazuje promjene u viskoznosti kao sumpor kada se postupno zagrijava (Woolins i Laitinen, 2011.)

Selen ima sedam prirodnih izotopa. Pet (^{74}Se , ^{76}Se , ^{77}Se , ^{78}Se , ^{80}Se) su stabilni, a ^{80}Se je najzastupljeniji (49,6% prirodne zastupljenosti). Selen također ima brojne nestabilne sintetske izotope u rasponu od ^{64}Se do ^{95}Se ; najstabilniji su ^{75}Se s vremenom poluraspada od 119,78 dana i ^{72}Se s vremenom poluraspada od 8,4 dana. Izotopi lakši od stabilnih izotopa prvenstveno se podvrgavaju beta plus raspadu u izotope arsena, a izotopi teži od stabilnih izotopa prolaze kroz beta minus raspad u izotope broma, s nekim manjim granama emisije neutrona u najtežim poznatim izotopima (Woolins i Laitinen, 2011.).

2.1.2. Spojevi seleni u prirodi

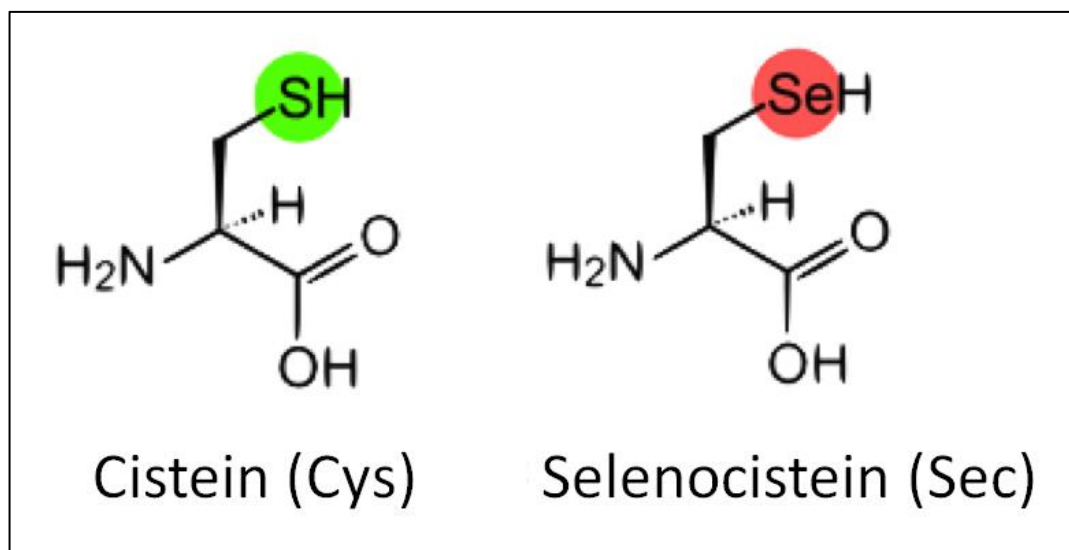
Selen se u okolišu nalazi u elementarnom stanju (SeO), u obliku selenida (Se^{2-}), selenata (SeO_4^{2-}) ili selenita (SeO_3^{2-}) (Kieliszek, 2019.). Najčešće se javlja u obliku anorganskih selenata i selenita jer su oni topivi u vodi. Ovi spojevi našli su svoju primjenu u mnogim područjima, tako da se često koriste kao dodatci prehrani za životinje i ponekad se dodaju gnojivima kako bi se biljke opskrbile selenom. Osim toga koriste se i u šamponima i proizvodima za njegu kože za liječenje prhuti i seboreičnog dermatitisa, a industrijska primjena anorganskih oblika seleni može se pronaći u proizvodnji stakla, keramike i pigmenata. Također se koristi u proizvodnji solarnih ćelija, fotoćelija i fotokopirnih strojeva zbog svojih svojstava fotovodljivosti. Nekada važne primjene u elektronici uglavnom su zamijenjene silicijskim poluvodičkim uređajima. Selen se još uvijek koristi u nekoliko vrsta zaštitnika od istosmjernog napona i jednoj vrsti fluorescentnih kvantnih točaka (Campbell i sur., 1952).

2.1.3. Organski oblici seleni

Osim anorganskih postoji mnogo oblika organskih spojeva u kojima je selen prisutan kao selenid, a uglavnom su to selenoproteini ili njihovi derivati, od kojih su selenocistein (SeCys) i selenometionin (SeMet) najznačajniji (Tóth i Csapó 2018.).

2.1.3.1. Selenocistein

Selenocistein je jedinstvena i rijetka aminokiselina koja sadrži selen uz standardne elemente koji se nalaze u aminokiselinama (ugljik, vodik, kisik i dušik). Kodiran je UGA kodonom u genetskom kodu koji se obično koristi kao stop kodon za signaliziranje kraja sinteze proteina. Međutim, u određenim slučajevima, UGA kodon može se čitati kao selenocistein umjesto da signalizira završetak translacije proteina.



Slika 2. Cistein i selenocistein (Si i sur., 2022.)

Selenocistein se prvenstveno nalazi u proteinima koji se nazivaju selenoproteini. Ovi proteini imaju različite uloge u tijelu i igraju ključnu ulogu u zaštiti stanica od oksidativnog oštećenja, reguliranju metabolizma hormona štitnjače i podržavanju imunološkog sustava. Sinteza selenocisteina tijekom translacije proteina složen je proces koji zahtijeva specijalizirani mehanizam. Uključuje specifičnu strukturu RNA koja se naziva element sekvence umetanja selenocisteina (SECIS) u mRNA, kao i namjenske proteine i enzime. Ovaj mehanizam osigurava da se UGA kodon dekodira kao selenocistein kada je to potrebno (Ste Marie i Hondal, 2022.).

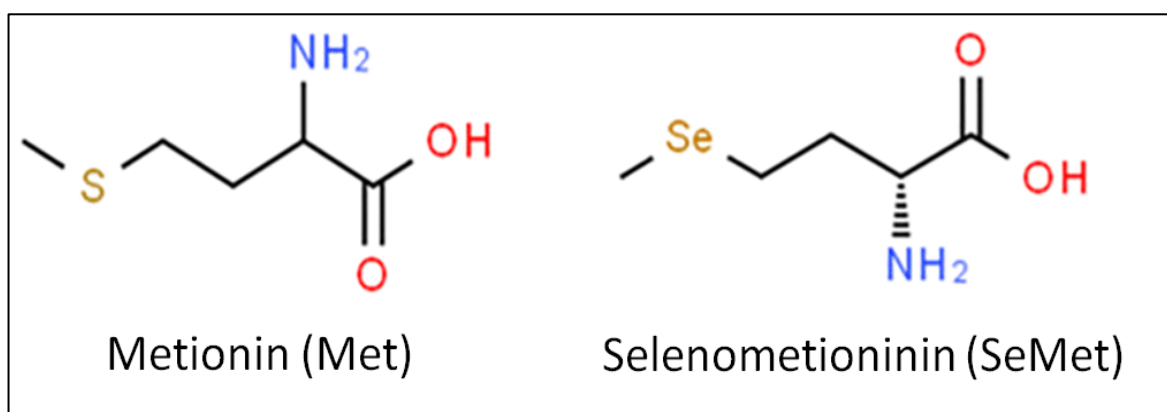
Selenocistein se ne dobiva izravno iz prehrane već ugradnjom selena, koji se dobiva iz prehrambenih izvora, u selenoproteine tijekom njihove sinteze. Selen je ključni mikronutrijent za tijelo, a neadekvatan unos selena može dovesti do zdravstvenih problema. Selenoproteini koji sadrže selenocistein uključeni su u razne bitne funkcije. Na primjer, glutation peroksidaze su selenoproteini koji djeluju kao antioksidansi, štiteći stanice od oštećenja uzrokovanih slobodnim radikalima. Tiroksin dejodinaze su selenoproteini uključeni u metabolizam hormona štitnjače.

Nedovoljan unos selena može dovesti do neispravnog rada selenoproteina, što može rezultirati zdravstvenim problemima. Nedostatak selena može se očitovati kao slabost mišića, umor i oslabljena imunološka funkcija (Peeler i sur., 2022.).

Selenocistein je fascinantni aspekt molekularne biologije i prehrane zbog svoje jedinstvene ugradnje u proteine i njegove bitne uloge u održavanju različitih aspekata zdravlja. Hrana bogata selenom kao što su brazilski oraščići, riba i nemasno meso, može biti dio uravnotežene prehrane kako bi se podržao adekvatan unos selena i pravilno funkcioniranje selenoproteina u tijelu.

2.1.3.2. Selenometionin

Selenometionin je prirodni oblik esencijalnog minerala selena u tragovima. To je seleno-aminokiselina, što znači da je strukturno slična aminokiselini metioninu, ali sadrži selen umjesto sumpora. Selenometionin je organski spoj koji se nalazi u određenim namirnicama, a može se koristiti i kao dodatak prehrani. Ovaj spoj se nalazi osobito u biljkama koje su apsorbirale selen iz tla bogatog selenom. Brazilski oraščići jedan su od najpoznatijih izvora selenometionina. Druge namirnice poput žitarica, mahunarki i povrća također mogu sadržavati selenometionin, iako sadržaj može varirati ovisno o razinama selena u tlu.



Slika 3. Metionin i selenometionin

Selenometionin je visoko bioraspoloživ, što znači da ga tijelo lako apsorbira kada se konzumira. Tijelo prepoznaje selenometionin kao metionin, esencijalnu aminokiselinu, i ugrađuje ga u proteine tijekom normalnog metabolizma. To ga čini učinkovitim načinom isporuke selena

u tijelo. Selenometionin se obično koristi kao dodatak prehrani za zadovoljavanje potreba za selenom, kako u ljudskoj prehrani tako i u stočarstvu. Dostupan je u različitim oblicima uključujući kapsule, tablete i tekuće dodatke prehrani (Kohlmeier, 2003.).

2.1.4. Dostupnost selen u prirodi

U prirodi se selen može naći u tlima, podzemnim vodama i u zraku. Sadržaj selen u zraku kreće se između 1 i 10 ng/m³ što je u usporedbi s tlom i vodom relativno nizak sadržaj (Mehdi i sur., 2013.). U atmosferi je selen uglavnom prisutan kao hlapljivi organski spoj, tj. dimetilselenid (DMSe), dimetildiselenid (DMDSe), metanselenol i hlapljivi anorganski spoj (SeO₂).

Selen spada u elemente u tragovima tako da je njegova koncentracija u tlu širom svijeta vrlo niska. Ona ovisi o čimbenicima kao što su vrsta tla, sadržaj organske tvari u tlima kao i količini oborina u pojedinim područjima. Na globalnoj razini, prosječna koncentracija selen u tlima iznosi oko 0,4 mg/kg (Sors i sur., 2005.). Ova koncentracija oscilira od 0.1 do 2 mg/kg (Swaine, 1955.), a postoje i područja gdje se koncentracija selen u tlu penje i iznad 100 mg/kg. (Berrow i Ure, 1998.). Najveće svjetske rezerve selen u tlu nalaze se na području Sjeverne i Južne Amerike (Čile, Peru, Sjedinjene Američke Države, Kanada), zatim u Kini, Oceaniji (Australija i Novi Zeland) te u dijelovima Afrike (Zair i Zambija). Što se tiče europskog kontinenta, skandinavske zemlje (Švedska i Finska) te Škotska općenito imaju izraziti manjak sadržaja selen u tlu. Kod većine ostalih europskih zemalja koncentracije selen u tlu su ispod potrebnih razina. Među tim zemljama je i Hrvatska u kojoj koncentracija selen u tlu varira od 0,18 mg/kg tla u područjima Međimurja, Podravine i istočne Slavonije (Antunović i sur., 2005.) do 0,48 mg/kg u zapadnoj Slavoniji (Gavrilović i Matešić, 1986.).

Zbog nedostatka selen u tlima, posljednjih desetljeća u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji selen se dodaje kao sastojak mineralnih gnojiva te kao dodatak u hranidbi domaćih životinja. Na taj način se povećava njegova koncentracija u tlu ali i ispiranje iz tla što rezultira povećanjem koncentracije selen u podzemnim vodama koje se najčešće koriste u vodoopskrbi stanovništva. Preporuke Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) upućuju na to da razina selen u vodoopskrbnim sustavima ne bi smjela prelaziti granicu od 10 µg/L. No, u nekim zemljama ova razina se, upravo zbog prekomjerne upotrebe umjetnih gnojiva koja sadrže selen, značajno povećala tako da se u nekim zemljama zapadne Europe s vrlo razvijenom i intenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom koncentracija selen u vodoopskrbnim sustavima procjenjuje na

0,12 µg/L (Belgija) do 2,4-40 µg/L (Francuska). S druge strane se u Indiji (regija Punjab) ova koncentracija penje do čak 341 µg/L (Gupta i Gupta, 2017.).

Iako je selen neophodan, prekomjerni unos seleno može dovesti do njegove toksičnosti što može uzrokovati štetne učinke na zdravlje ljudi i životinja. Stoga je važno konzumirati selen unutar preporučenih prehrambenih doza i izbjegavati pretjerane suplementacije. Selen može formirati veze s ugljikom, što rezultira organoselenskim spojevima. Ovi spojevi imaju različite primjene uključujući upotrebu kao lijekovi, katalizatori i antioksidansi. Visoke razine seleno mogu uzrokovati selenozu, što može dovesti do simptoma kao što su gubitak kose, gastrointestinalni poremećaji, neurološki problemi, pa čak i smrt. Stoga je važno održavati odgovarajuću ravnotežu i izbjegavati prekomjerno izlaganje selenu. Selen je naveden kao sastojak mnogih multivitamina i drugih dodataka prehrani kao i formula za dojenčad, te je sastavni dio antioksidativnih enzima glutathion peroksidaze i tioredoksin reduktaze (koji neizravno smanjuju određene oksidirane molekule u životinja i nekih biljaka) kao i u 3 enzima dejodinaze. Potrebe biljaka za selenom razlikuju se ovisno o vrsti, pri čemu neke biljke zahtijevaju relativno velike količine, a druge očito ne zahtijevaju nikakve.

Biljke i žitarice bolje apsorbiraju anorganske oblike seleno dok organske oblike učinkovitije metaboliziraju sisavci. Selenocistein je jedna takva organska varijanta koja se obično nalazi u proizvodima životinjskog porijekla dok su obogaćeno sijeno i žitarice uobičajene anorganske varijante (White, 2016.). Selen pokazuje značajnu sinergiju s vitaminom E i bolje se apsorbira u prisutnosti ovog vitamina.

Kako bi se u budućnosti riješio ili umanjio problem niske koncentracije seleno u hrani i visoke koncentracije seleno u javnoj vodoopskrbi, zadnjih desetljeća intenzivirana su istraživanja na smanjenju aplikacije ovog esencijalnog elementa u tlo putem gnojidbe. Jedno od rješenja je i biofortifikacija tla selenom.

2.2. Biofortifikacija

Biofortifikacija je strategija koja se koristi za povećanje nutritivnog sadržaja usjeva povećanjem koncentracije esencijalnih vitamina i minerala u njihovim jestivim dijelovima. Cilj biofortifikacije je poboljšati nutritivnu kvalitetu osnovnih usjeva, učiniti ih hranjivijima i dostupnijima ljudima i životinjama, posebno u područjima gdje se esencijalni mikroelementi u tlu

nalaze u deficitu. Biofortifikacija uključuje uzgoj ili genetsku modifikaciju usjeva kako bi imali više razine specifičnih hranjivih tvari. Fokus je često na povećanju sadržaja vitamina i minerala poput vitamina A, željeza, cinka, selen i drugih. Biofortificirani usjevi obično su osnovna hrana koja čini značajan dio prehrane ljudi i hrane za životinje u određenoj regiji. Biofortifikacija se smatra obećavajućim pristupom u borbi protiv pothranjenosti, posebno u područjima gdje je pristup raznolikoj prehrani ili hrani bogatoj hranjivim tvarima ograničen. Može pomoći u poboljšanju prehrambenog statusa i zdravlja ranjive populacije, osobito u zemljama s niskim dohotkom, pružajući im hranjiviju osnovnu hranu. Međutim, bitno je uzeti u obzir sigurnost, utjecaj na okoliš i lokalne preferencije pri provedbi programa biofortifikacije. Uobičajeni biofortificirani usjevi su pšenica, kukuruz, riža, grah, slatki krumpir i proso.

Postoji nekoliko metoda biofortifikacije uključujući konvencionalni uzgoj, gdje se odabiru i križaju prirodne sorte usjeva s višim sadržajem hranjivih tvari. To je tzv. agronomska biofortifikacija i ona se obično koristi u područjima s niskim sadržajem selen, a uglavnom se sastoji od dodavanja selen u tlo i folijarne gnojidbe selenom koja se obično provodi korištenjem gnojiva na bazi selenata ili selenita (Schiavon i sur., 2020.). Agronomska biofortifikacija kroz upotrebu anorganskog selen kao gnojiva u značajnoj mjeri može povećati sadržaj selen u usjevima koji se koriste za prehranu ljudi i hranidbu životinja (Nayan i sur., 2020.). Agronomska biofortifikacija je najrašireniji i po izvedivosti najjednostavniji način poboljšavanja usjeva sadržajem mikroelemenata u usporedbi s genetskom biofortifikacijom (Lyons i Cakmak, 2012.). Agronomska biofortifikacija uključuje direktnu gnojidbu tla anorganskim gnojivima (apsorpcija preko korijena), zatim folijarnu primjenu anorganskih gnojiva (apsorpcija preko lista), te predtretman sjemena (Schiavon i sur., 2020., Sarwar i sur., 2020., Hossain i sur., 2021.). Biofortificirano sjeme koristi se kao hrana za ljude i životinje, a izmet životinja obogaćenih esencijalnim mikroelementima koristi se kao gnojivo za nove usjeve (Wu i sur., 2015). Usporedba različitih načina biofortificirane gnojidbe ukazuje da je folijarna gnojidba uspješnija i jeftinija u odnosu na izravnu gnojidbu tla (Galić i sur., 2021.).

Genetska biofortifikacija temelji se na oplemenjivanju biljaka primjenom genetskog inženjeringa. Tehnike genetske modifikacije također se mogu koristiti za umetanje gena odgovornih za proizvodnju hranjivih tvari iz drugih organizama u usjev koji želimo biofortificirati. Uvedeni geni mogu omogućiti usjevu da proizvede više razine ciljanih hranjivih tvari ili pretvorbu spojeva prekursora u željeni oblik hranjivih tvari. Na primjer, genetska biofortifikacija može omogućiti riži da proizvodi provitamin A (beta-karoten) u svojim zrnima. Razvoj i uzgoj genetski modificiranih (GM) usjeva podliježu rigoroznim procjenama sigurnosti i regulatornom nadzoru u mnogim zemljama. Utjecaj na okoliš i potencijalna alergnost su među čimbenicima koji se

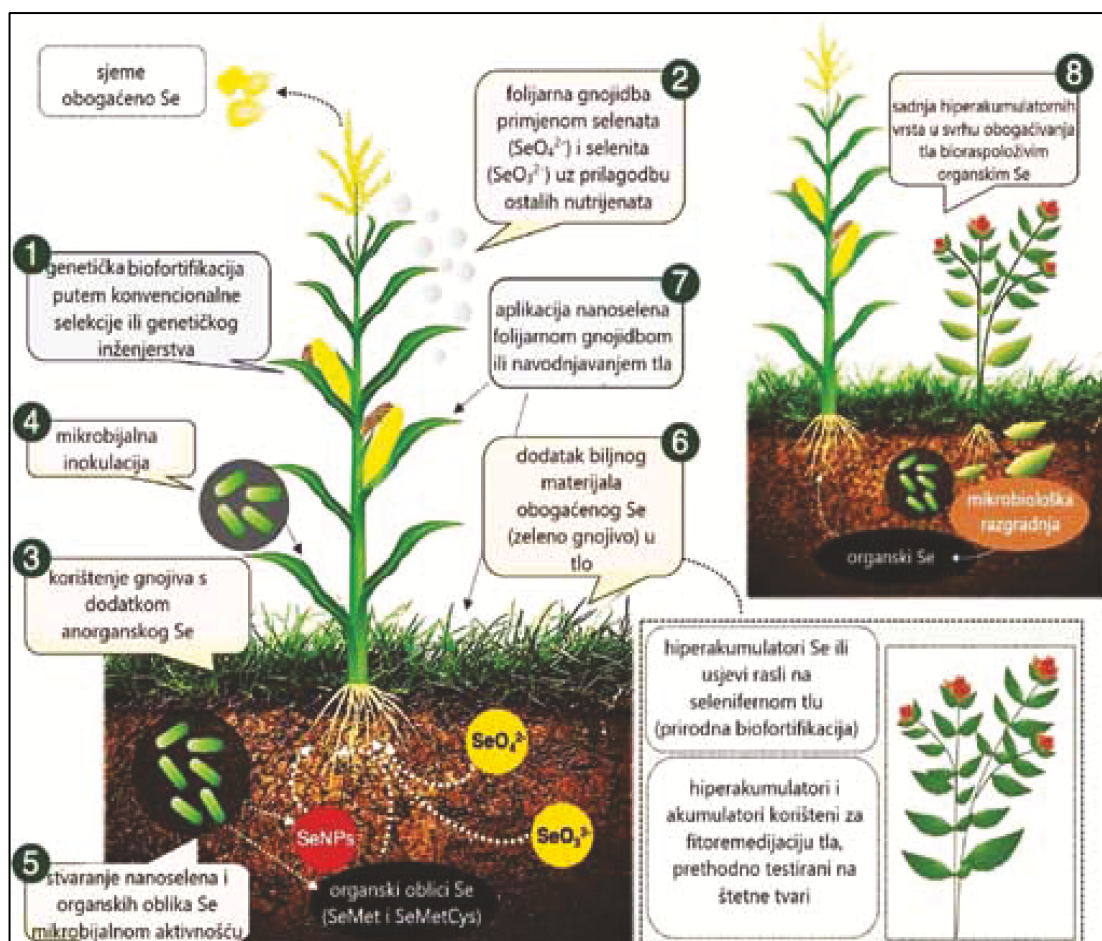
razmatraju tijekom ovih procjena. Prihvaćanje genetski modificiranih biofortificiranih usjeva razlikuje se od države do države i od regije do regije. Regulatorni okviri za GM usjeve također se mogu razlikovati, što utječe na usvajanje i komercijalizaciju tih usjeva.

Genetska biofortifikacija jedna je od nekoliko strategija koje se koriste za rješavanje pothranjenosti i nedostataka u prehrani, posebno u regijama gdje je pristup raznolikoj i nutritivno bogatoj hrani ograničen. Smatra se pristupom koji obećava jer može dovesti do učinkovitije i usredotočenije isporuke hranjivih tvari u osnovnim usjevima. Međutim, također postavlja etička, ekološka i regulatorna pitanja koja treba pažljivo razmotriti u njegovoj provedbi. Javna svijest, obrazovanje i dijalog presudni su za rješavanje složenih pitanja koja okružuju genetičku biofortifikaciju.

2.2.1. Biofortifikacija selenom

Biofortifikacijom se može u znatnoj mjeri povećati sadržaj selena u žitaricama i prehrambenim proizvodima. Također, njome se može utjecati na poboljšani rast i razvoj biljaka jer optimalna koncentracija selena može zaštititi biljke od različitih stresnih uvjeta tijekom rasta. Selen ima značajnu ulogu u poboljšanju fotosinteze te održavanju stanične strukture i funkcije. Ujedno pomaže prilikom raspodjele ostalih esencijalnih elemenata, a gnojidba selenom poboljšava i sintezu aminokiselina, proteinskih kao i fenolnih spojeva u biljkama (Gupta i Gupta, 2017.).

Različiti su načini biofortifikacije, od jednostavnih do prilično zahtjevnih, a često se u praksi provodi istovremeno dva ili više načina biofortifikacije sa ciljem povećanja njene učinkovitosti. Zajedničko svim ovim postupcima je krajnji cilj povećanje koncentracije selena u biljci ili proizvodu, s tim da se rezultati biofortifikacije razlikuju ovisno o biljnoj vrsti, fazi rasta kada se tretman primjenjuje, izvoru selena, primijenjenoj dozi te vremenu primjene (D'Amato i sur., 2020.). Oblik selena kojime se vrši biofortifikacija ovisi o tome na koji dio biljke je ona usmjerena. Novija istraživanja dokazuju da se veća akumulacija selena u korijenu biljke ostvaruje primjenom natrijevog selenita (Na_2SeO_3), dok se primjenom natrijevog selenata (Na_2SeO_4) u izdancima korjena i biljaka akumuliraju selenat i organski oblici selena.



Slika 4. Pregled strategija biofortifikacije kojima se ostvaruje obogaćivanje usjeva Se: 1) genetička biofortifikacija; agronomska biofortifikacija 2) folijarnom primjenom ili 3) gnojdbom tla integriranim s mikroorganizmima 4) inokuliranim u biljke ili 5) primijenjenima u tlu; 6) primjena zelenog gnojiva bogatog organskim oblicima Se, dobivenog od hiperakumulatora/akumulatora Se korištenih u fitoremedijaciji ili raslih na seleniferom tlu; 7) biofortifikacija nanoselenom (SeNPs) tehnikom folijarne gnojdbom ili navodnjavanjem tla; 8) sadnja hiperakumulatora Se u blizini usjeva ili između redova usjeva (*preuzeto od Sabo i sur., 2021.*)

Ako je u tlu selen dostupan i u obliku selenata i selenita, tada će biljka u puno većoj mjeri unositi selenat (Manojlović i sur., 2019.; Sabo, 2016.), no ukoliko se primjenjuju u kombinaciji, selenit se bolje usvaja nego selenat (Guerrero i sur., 2014.), što ukazuje na različitost ove dvije vrste spojeva s obzirom na mobilnost i apsorpciju u biljke te metaboličkim putevima koje prolaze (Li i sur., 2008.). Stoga se danas u većini istraživanja tijekom uhođavanja metode pretežito koristi Na_2SeO_4 u različitim koncentracijama selenata.

Biofortifikacija organskim selenom je primjerenija za ljudsku upotrebu, no ograničavajući čimbenik njezine šire primjene je njegova skupoća. Stoga se danas u većini slučajeva primjenjuje biofortifikacija anorganskim selenom koji se pokazao kao znatno jeftinije rješenje, a učinkovitost je gotovo identična budući da biljke tijekom metaboličkih transformacija anorganski selen prevode u organski oblik.

2.3. Nutritivni i fiziološki značaj selen

Selen je vitalni nutrijent za domaće životinje i neophodan je za pravilan rad enzima uključenih u antioksidativne obrambene sustave. Podržava imunološki sustav, pomaže u održavanju normalne funkcije stanica i igra ulogu u metabolizmu hormona štitnjače. U hranidbi životinja, selen se često uključuje u obroke životinja kao dodatak kako bi se osiguralo da životinje primaju odgovarajuće količine. Nedostatak selen može dovesti do zdravstvenih problema kod životinja kao što su mišićni poremećaji, smanjena plodnost, oslabljeni imunološki sustav i poremećen rast.

Međutim, važno je napomenuti da se potrebe za selenom razlikuju među različitim vrstama životinja. Odgovarajuće razine i oblici dodatka selen ovisе o čimbenicima kao što su dob životinje, vrsta, faza proizvodnje i geografski položaj. Pravilno upravljanje i savjetovanje s veterinarom ili nutricionistom za životinje ključni su kako bi se osiguralo da životinje dobiju pravu količinu selen u svojoj prehrani.

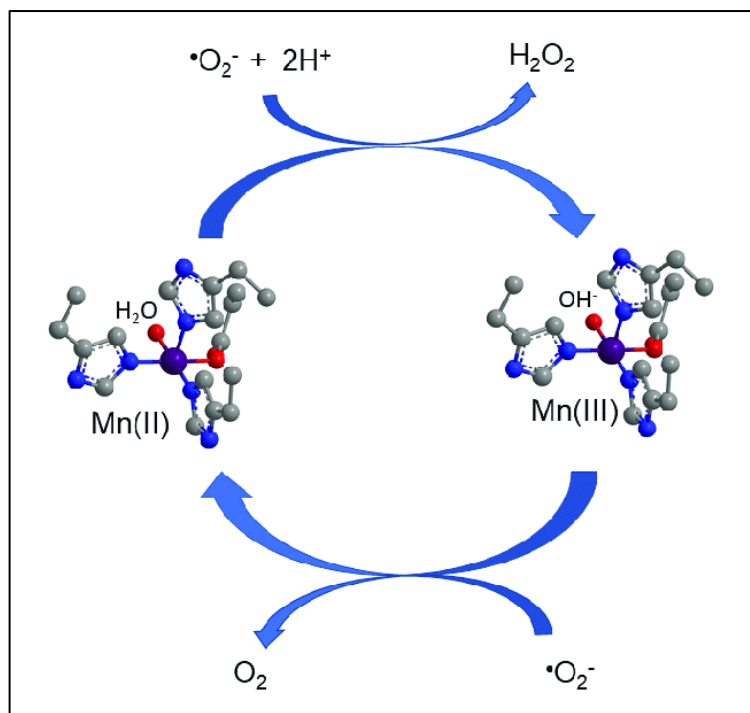
Apsorpcija selen događa se uglavnom u duodenumu, a odvija se prvenstveno aktivnim transportom kroz natrijevu pumpu. Mehanizam crijevne apsorpcije selen može se razlikovati ovisno o kemijskom obliku elementa. Selenit se apsorbira jednostavnom difuzijom dok se selenat apsorbira kotransportom natrijevog selenata i izmjenom selenat/ OH^- (Mehdi i sur., 2015.). Organski oblici (tj. selenometionin i selenocistein) slijede mehanizme unosa aminokiselina. Selenometionin u hrani apsorbira se u tankom crijevu aktivnim mehanizmom sličnim onom koji se koristi za unos metionina putem intestinalnih transportera metionina. Selenometionin se također može metabolizirati u jetri kroz metioninski ciklus i puteve transulfuracije, dajući selenocistein kao prolazni oblik, koji se odmah pretvara u selenid, koji se zauzvrat koristi za sintezu selenoproteina (Qian i sur., 2019.).

Utjecaj dodatka selenata također se odražava u njegovoj sposobnosti modificiranja ekspresije i aktivnosti više od 25 selenoproteina koji su uključeni u oksidativni stres, detoksikaciju, transportne mehanizme, metabolizam i upalne reakcije (Shojadoost i sur., 2019.; Mengistu i sur., 2021.). Pri tome se najveća uloga selenata odnosi na antioksidacijsku zaštitu. Ona je značajna zbog uklanjanja slobodnih radikala pri čemu se osigurava maksimalna zaštita bioloških mjesta kao što su aktivna mjesta u nekim metabolizirajućim enzimima, tzv. tiolne skupine (Hatfield i Gladyshev, 2002.). Uslijed antioksidativnog djelovanja, specifično se potiskuju slobodni radikali, keliraju se redoks-metalni, a međusobno djelovanje s drugim antioksidansima unutar antioksidacijske mreže ima povoljan učinak na ekspresiju gena. Antioksidansi se lako apsorbiraju te imaju fiziološki relevantnu koncentraciju u tkivima i biološkim tekućinama. U najdjelotvornije enzimске antioksidanse koji sadrže selen ubrajaju se superoksid-dismutaza (SOD), glutation-peroksidaza (GPx) i katalaza.

2.3.1. Superoksid - dismutaza (SOD)

Superoksid dismutaza (SOD) je esencijalni enzim koji se nalazi u živim stanicama. Njegova primarna funkcija je katalizirati dismutaciju (pretvorbu) superoksidnih radikala ($O_2^{\cdot -}$) u manje štetne oblike kisika, odnosno vodikov peroksid (H_2O_2) i molekularni kisik (O_2). Ovaj enzim igra ključnu ulogu u tjelesnom antioksidativnom obrambenom sustavu, pomažući u zaštiti stanica od oksidativnog oštećenja uzrokovanog reaktivnim vrstama kisika (ROS).

Superoksidni radikali su vrsta reaktivnih kisikovih vrsta (ROS) koje nastaju tijekom normalnog staničnog metabolizma. Međutim, prekomjerna proizvodnja ovih radikala, bilo zbog okolišnih čimbenika ili temeljnih zdravstvenih stanja, može dovesti do oksidativnog stresa koji može oštetiti DNK, proteine i lipide u stanicama. SOD je dio tjelesnog antioksidativnog obrambenog sustava koji uključuje razne enzime i molekule koji neutraliziraju ROS. SOD posebno cilja na superoksidne radikale koji su vrlo reaktivni i potencijalno štetni.



Slika 5. Dismutacija (pretvorba) superoksidnih radikala ($\text{O}_2^{\bullet -}$) u manje štetne oblike kisika, odnosno vodikov peroksid (H_2O_2) i molekularni kisik (O_2)

Postoje tri glavne izoforme (vrste) SOD-a, a svaka se nalazi u različitim odjeljcima stanice:

- Cu/Zn-SOD (SOD1)*: Smješten u citoplazmi, ovaj oblik SOD sadrži i bakrene (Cu) i cinkove (Zn) ione na svom aktivnom mjestu.
- Mn-SOD (SOD2)*: Nalazi se u mitohondrijima, sadrži mangan (Mn) na svom aktivnom mjestu i pomaže u zaštiti mitohondrija od oksidativnog oštećenja.
- EC-SOD (SOD3)*: Izvanstanični SOD nalazi se izvan stanica, osobito u izvanstaničnom matriksu. Kao kofaktore koristi bakar i cink.

SOD je ključan za održavanje zdravlja stanica i sprječavanje oksidativnog oštećenja. Pomaže u zaštiti različitih staničnih struktura i biomolekula uključujući DNK, lipide i proteine, od oksidativnog stresa. Disregulacija aktivnosti SOD povezana je s nekoliko bolesti uključujući neurodegenerativne poremećaje poput amiotrofične lateralne skleroze (ALS) i neke oblike obiteljske Parkinsonove bolesti. SOD se obično ne dobiva iz prehrane jer je to enzim koji se proizvodi u tijelu. Međutim, neke namirnice poput voća i povrća bogate su antioksidansima (poput vitamina C i E) koji mogu podržati prirodni antioksidativni obrambeni sustav tijela. SOD dodatci su dostupni, ali njihova učinkovitost u povećanju razine SOD u tijelu je predmet rasprave.

Probavni proces obično razgrađuje enzime poput SOD u želucu, što može ograničiti njihovu bioraspoloživost kada se uzimaju oralno.

Općenito se može reći da je superoksid dismutaza ključni enzim koji pomaže u održavanju zdravlja stanica neutralizirajući štetne superoksidne radikale i minimizirajući oksidativni stres. Njegova je funkcija ključna za zaštitu stanica i tkiva od štetnih učinaka oksidativnog oštećenja koje je povezano s raznim zdravstvenim stanjima i starenjem.

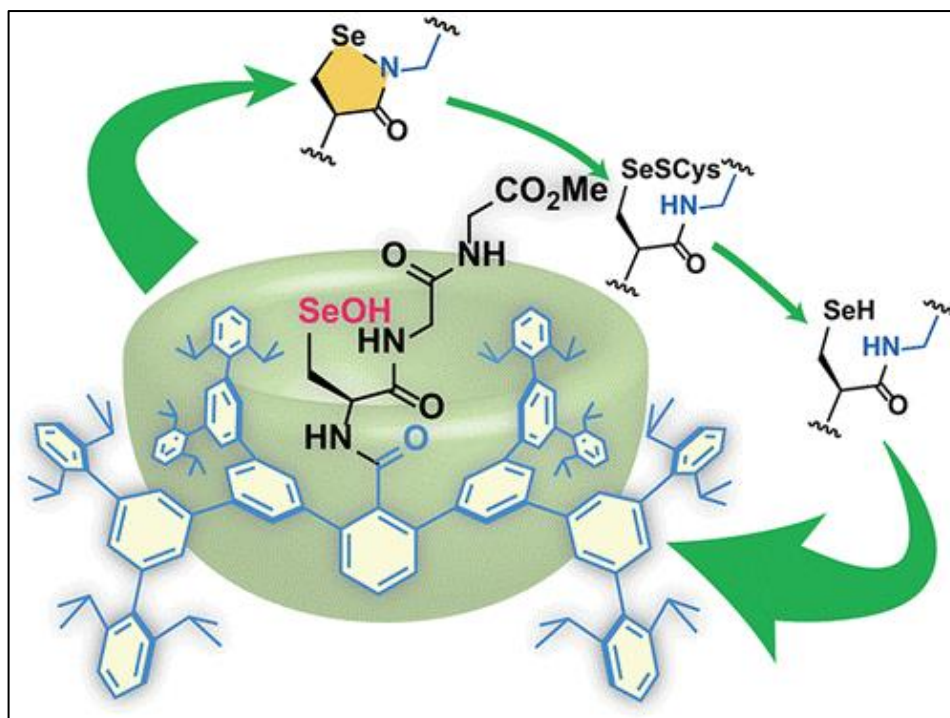
2.3.2. Glutation - peroksidaza (GPx)

Glutation peroksidaza (GPx) je enzim koji ima vitalnu ulogu u zaštiti stanica od oksidativnog oštećenja katalizirajući redukciju vodikovog peroksida (H_2O_2) i organskih hidroperoksida (ROOH) pomoću molekule glutaciona (GSH). To je ključna komponenta tjelesnog antioksidativnog obrambenog sustava, djelujući zajedno s drugim enzimima poput superoksid dismutaze (SOD) i katalaze za neutralizaciju štetnih reaktivnih kisikovih vrsta (ROS) i održavanje zdravlja stanica (Ighodaro i Akinloye, 2018.).

GPx je ključni enzim u tjelesnom antioksidativnom obrambenom sustavu koji pomaže u zaštiti stanica od oksidativnog stresa. Oksidativni stres nastaje kada postoji neravnoteža između proizvodnje ROS i sposobnosti tijela da ih detoksificira i eliminira. GPx može reducirati različite perokside, uključujući vodikov peroksid i organske hidroperokside, u manje štetnu vodu (H_2O) ili odgovarajuće alkohole, koristeći glutation kao redukcijsko sredstvo (Moron i sur., 2012.).

Glutation, tripeptid sastavljen od aminokiselina cisteina, glutamata i glicina, ko-supstrat je za GPx. Pruža snagu redukcije potrebnu za neutralizaciju peroksida. U procesu sam glutation postaje oksidiran (GSSG) i kasnije se pretvara natrag u svoj reducirani oblik (GSH) pomoću drugog enzima koji se zove glutation reduktaza (Burk i Hill, 2010.).

Postoji više izoformi GPx s različitim staničnim lokacijama i funkcijama. Najpoznatiji oblik je citosolni GPx (GPx1), ali postoje i drugi izoformi uključujući mitohondrijski GPx (GPx4) i gastrointestinalni GPx (GPx2).



Slika 6. Katalitički ciklus glutation - peroksidaze

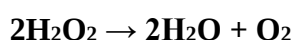
GPx je neophodan za održavanje zdravlja stanica i zaštitu stanica i tkiva od oksidativnog oštećenja. Uključen je u razne fiziološke procese uključujući detoksikaciju peroksida nastalih tijekom metabolizma. Promijenjena aktivnost GPx povezana je s nekoliko zdravstvenih stanja. Na primjer, smanjena aktivnost GPx može pridonijeti oksidativnom stresu koji je povezan sa starenjem, neurodegenerativnim bolestima, kardiovaskularnim bolestima i rakom (Ursini i Maiorino, 2013.).

Glutation peroksidaza se obično ne dobiva izravno iz prehrane jer je to enzim koji se proizvodi u tijelu. Međutim, prehrana bogata antioksidansima uključujući hranu poput voća, povrća, orašastih plodova i cjelovitih žitarica može podržati tjelesni antioksidativni obrambeni sustav. GPx suplementi nisu uobičajeno dostupni jer se enzimi obično razgrađuju u probavnom sustavu kada se uzimaju oralno. Umjesto toga, često se preporučuju prehrabene strategije koje podržavaju tjelesnu prirodnu proizvodnju GPx-a poput konzumiranja hrane bogate selenom (selen je kofaktor za GPx).

Glutation peroksidaza je ključni enzim koji pomaže u zaštiti stanica od oksidativnog oštećenja katalizirajući redukciju peroksida. Sastavni je dio tjelesnog antioksidativnog obrambenog sustava, a njegova aktivnost neophodna je za održavanje zdravlja stanica i smanjenje rizika od zdravstvenih stanja povezanih s oksidativnim stresom (Ighodaro i Akinloye, 2018.).

2.3.3. Katalaza

Katalaza je ključni enzim koji se nalazi u stanicama organizama uključujući biljke, životinje i bakterije. Njegova primarna funkcija je katalizirati razgradnju vodikovog peroksida (H_2O_2) u vodu (H_2O) i molekularni kisik (O_2). Ova reakcija je važna jer je vodikov peroksid toksični nusproizvod raznih metaboličkih procesa i može oštetiti stanice i tkiva ako se dopusti da se akumulira. Katalaza ubrzava razgradnju vodikovog peroksida u vodu i kisik putem sljedeće kemijske reakcije:



Ova reakcija je ključna za sprječavanje nakupljanja toksičnih razina vodikovog peroksida u stanicama.

Katalaza je tetramerni enzim, što znači da se sastoji od četiri podjedinice. Svaka podjedinica sadrži hemsku skupinu s atomom željeza u središtu, koji ima ključnu ulogu u kataliziranju razgradnje vodikovog peroksida. Ona je kritična komponenta tjelesnog antioksidativnog obrambenog sustava. Pomaže u zaštiti stanica i tkiva od oksidativnog oštećenja uzrokovanog reaktivnim kisikovim vrstama (ROS) uključujući vodikov peroksid. Oksidativni stres, koji je posljedica neravnoteže između proizvodnje ROS-a i tjelesne antioksidativne obrane, može dovesti do oštećenja stanica i raznih zdravstvenih problema. Katalaza se prvenstveno nalazi u peroksisomima eukariotskih stanica, gdje se nosi s vodikovim peroksidom koji nastaje tijekom različitih metaboličkih procesa. U prokariotskim stanicama katalaza je također prisutna, ali se može nalaziti u različitim staničnim odjeljcima (Nandi i sur. 2019.).

Ovaj enzim je uključen u nekoliko fizioloških procesa uključujući imunološki odgovor, upalu i zacjeljivanje rana. Također, pomaže u zaštiti stanica od oštećenja uzrokovanih okolišnim čimbenicima poput zračenja. Katalaza se ne dobiva izravno iz prehrane jer je to enzim koji se proizvodi u tijelu. Međutim, prehrana bogata antioksidansima uključujući voće, povrće i cjelovite žitarice može podržati ukupni antioksidativni obrambeni sustav tijela. Aktivnost katalaze može se mjeriti u laboratorijskim testovima za procjenu određenih zdravstvenih stanja. Na primjer, niske razine aktivnosti katalaze u krvi mogu biti povezane s određenim nasljednim genetskim poremećajima (Liu i sur., 2017.).

2.4. Nano-selen

Posljednjih su godina istraživanja nanočestica selen dobila više pozornosti zbog njegove važne uloge u mnogim fiziološkim procesima. Općenito, nanočestice selen imaju visoku razinu apsorpcije u redovitom suplementiranju u usporedbi sa selenom. Stoga je iznimno važno razviti nove tehnike za povećanje transporta spojeva selen (selenoproteina, selenoenzima, itd.) povećanjem njihove bioraspoloživosti, bioaktivnosti i kontroliranog otpuštanja. Nanočestice selen imaju biomedicinsku i farmaceutsku primjenu zbog svojih antioksidativnih, antimikrobnih, antidijabetičkih i antikancerogenih učinaka. Nanočestice selen također se koriste za antagoniziranje toksičnog učinka kemikalija i teških metala. Korisni za obradu vode i tla kontaminiranih metalima i teškim metalima jer imaju sposobnost apsorpcije. Nanočestice selen sintetizirane su bioredukcijom vrste selen (natrij selenat, natrij selenit, selen dioksid i selen tetraklorid itd.) pomoću bakterija, gljivica, biljaka i biljnih ekstrakata što je dalo nadu za bioremedijaciju vode i tla kontaminiranih selenom.

Nano selen se odnosi na čestice selen koje su smanjene na nanomjere, obično u rasponu od 1 do 100 nanometara. Redukcija selen na nanomjeru može rezultirati jedinstvenim svojstvima i poboljšanim biološkim aktivnostima u usporedbi s masovnim selenom. Nanotehnologija je omogućila proizvodnju nano selen različitim metodama uključujući kemijsku redukciju, fizikalne metode i biološku sintezu. Rezultirajuće nano čestice selen mogu imati različite oblike poput sfera, šipki ili žica, ovisno o korištenoj metodi sinteze.

Nano selen je privukao značajnu pozornost zbog svoje potencijalne primjene u raznim područjima uključujući medicinu, poljoprivredu i sanaciju okoliša. Nano selen je istraživao kao dodatak prehrani za rješavanje nedostatka selen, što je uobičajeni nedostatak mikronutrijenata u određenim regijama. Može se koristiti u obogaćivanju hrane ili kao dodatak u obliku kapsula ili funkcionalne hrane (Hosnedlova i sur., 2018.).

Nano čestice selen imaju veći omjer površine i volumena u usporedbi s masovnim selenom, što može poboljšati njihovu apsorpciju i bioraspoloživost u biološkim sustavima. Ovakav oblik selen pokazuje jaka antioksidativna svojstva, štiteći stanice i tkiva od oksidativnog oštećenja. Također može modulirati imunološke odgovore i imati protuupalne učinke (Kumar i Prasad, 2021.).

Nano selen je istraživao kao dodatak prehrani za rješavanje nedostatka selen, što je uobičajeni nedostatak mikronutrijenata u određenim regijama. Može se koristiti u obogaćivanju

hrane ili kao dodatak u obliku kapsula ili funkcionalne hrane. Ovakav oblik selena je pokazao antimikrobno djelovanje protiv širokog spektra mikroorganizama uključujući bakterije, viruse i gljivice. Ima potencijal da se koristi kao prirodni antimikrobni agens u raznim primjenama, kao što je konzerviranje hrane i medicinska dezinfekcija (Chaudhary i sur., 2016.).

Važno je napomenuti da su profil sigurnosti i toksičnosti nano selena još uvijek predmet istraživanja koja su u tijeku. Učinke nano selena na dugotrajnu izloženost i njegov mogući utjecaj na okoliš potrebno je dodatno istražiti kako bi se osigurala njegova sigurna i odgovorna uporaba. Ipak, rezultati dosadašnjih istraživanja ukazuju da bi primjena nano čestica selena mogla zauzeti značajno mjesto u budućnosti, posebice u poljoprivredi i proizvodnji hrane.

2.5. Selen u hranidbi svinja

Dodavanje selena u obroke za svinje rezultiralo je značajnom ekonomskom i zdravstvenom koristi za cjelokupni svinjogojski sektor (Lv i sur., 2020.). Komercijalna i visoko intenzivna proizvodnja svinja, koja se temelji na velikoj gustoći životinja u relativno malim prostorima, rezultira povećani rizicima izbijanja zaraznih bolesti koje su povezane sa smrtnošću, zatim do povećanih troškova kontrole i liječenja te smanjenih proizvodnih rezultata oboljelih i izliječenih svinja. Sve navedeno uzrokuje ekonomske gubitke za industriju svinja (Maes i sur., 2020.). Upravo mikronutrijent selen ima jednu od najznačajnijih uloga u imunološkom odgovoru. Usprkos tome, pravi opseg imunomodulatornog kapaciteta selena tek se treba razjasniti. Dosadašnja in vivo istraživanja na svinjama nisu u potpunosti definirala ulogu selena kao jednog od temeljnih čimbenika očuvanja i unaprijeđenja zdravstvenog statusa svinja te je naglašena potreba za daljnjim istraživanjima u ovom području. Ipak, polazna premisa je da dodani selen u obrocima povećava ukupni zdravstveni status, povoljno utječe na proizvodna svojstva (rast, kvalitetu mesa, reproduktivne funkcije i imunološki odgovor) čime se smanjuje nepovoljan utjecaj zaraznih bolesti (Jlali i sur., 2014.; Pandolfi i sur., 2018.).

Prema standardima Europske unije, gornja granična vrijednost za anorganski selen u hranidbi domaćih životinja kreće se od 0,5 mg/kg, a za organski selen (kvasac, L-SeMet) od 0,2 mg/kg u potpunim krmnim smjesama (Oropeza-Moe i sur., 2015.), a 0,3 mg/kg prema standardima FDA (United States Food and Drug Administration, 2021.). Nutritivni zahtjevi za selenom kreću se od 0,3 ppm za zalučenu prasad, do 0,15 ppm za tovne svinje. Za gravidne krmače

i krmače u laktaciji nutritivni zahtjevi za selenom iznose 0,15 ppm. Koncentracije selen u krvnoj plazmi koriste se za procjenu učinkovitosti doziranja selen u dopuskoj hrani. Koncentracije selen u plazmi od $\geq 8 \mu\text{g/dL}$ smatraju se dovoljnim za odgovarajući zdravstveni status svinja (Rafai i sur., 1989.).

Na bioraspoloživost i distribuciju selen u tijelu svinja utječe niz čimbenika uključujući kemijski oblik selen, drugi prehrambene spojevi, status selen, fiziološki status i pasmina (Kim i Mahan, 2001.). Nedavni napredak u biokemiji selen omogućio je dublje razumijevanje glavnih razlika u metabolizmu organskih i anorganskih izvora selen. U istraživanjima na svinjama velika je pažnja posvećena razdobljima u kojima je vjerojatno da će se pojaviti nedostatak selen, a to su novorođena prasada, razdoblje odbića i reproduktivno razdoblje krmača. Ovo su također kritične faze statusa vitamina E kod svinja (Pinelli-Saavedra, 2004.). Također, selen ima značajnu ulogu u reprodukciji kada govorimo o kvaliteti sjemena nerastova.

Selen ima važnu ulogu u prehrani nerasta sudjelujući u sintezi selenoproteina. Čini se vjerojatnim da su selenoproteini središnji za regulaciju antioksidativnog sustava u tijelu. Selenovisan enzim glutathion peroksidaza (GPx) je najviše proučavan selenoprotein u proizvodnji svinja. Međutim, također je potrebno proučiti uloge drugih selenoproteina u proizvodnji sjemena nerasta i održavanju kvalitete sjemena (Surai, 2015.). Sjeme svinje karakterizira visok udio lako oksidirajućih polinezasićenih masnih kiselina dugog lanca i zahtijeva učinkovitu antioksidacijsku obranu. Potrebe svinja za selenom variraju ovisno o mnogim okolišnim i drugim uvjetima i općenito se smatraju 0,15 do 0,30 mg/kg hrane. Čini se vjerojatnim da su krmače i nerastovi za reprodukciju posebno osjetljivi na nedostatak selen, a ispunjavanje njihovih zahtjeva važan je izazov za nutricioniste za svinje. U stvari, u mnogim zemljama postoje zakonska ograničenja koliko se selen može uključiti u prehranu, a to ograničava fleksibilnost u smislu rješavanja potreba za selenom u razvoju i reprodukciji svinja. Analiza podataka različitih pokusa s nerastovima s različitim izvorima selen pokazuje da je u nekim slučajevima kada su pozadinske razine selen bile niske, postojale prednosti dodavanja selen prehrani (Rodriguez i sur., 2017.). Potrebno je uzeti u obzir da je samo optimalan selenski status životinja povezan s najboljom antioksidativnom zaštitom i može imati pozitivne učinke na proizvodnju sjemena nerasta i njegovu kvalitetu. Međutim, u mnogim slučajevima pozadinske razine selen nisu utvrđene i stoga je teško procijeniti je li osnovna prehrana bila deficitarna selenom. Također se može sugerirati da, zbog veće učinkovitosti asimilacije iz prehrane i mogućnosti stvaranja rezervi selen u tijelu, organski selen u obliku selenometionina (SeMet) koji se osigurava nizom proizvoda uključujući kvasac sa selenom i SeMet pripravaka, važan je izvor selen za bolje zadovoljenje

potreba suvremenih genotipova svinja u komercijalnim uvjetima intenzivne proizvodnje svinja (Li i sur., 2021.).

Oštećena spermatogeneza zbog nedostatka selena prijavljena je u nekoliko životinjskih vrsta uključujući svinje (Marin-Guzman i sur., 1997.; 2000.).

Ekspresija pojedinačnih eukariotskih selenoproteina karakterizirana je visokom tkivnom specifičnošću, koja ovisi o dostupnosti selena i može se regulirati hormonima, a ako je ugrožena pridonosi različitim patološkim stanjima (Surai, 2006; Hartfield i sur., 2014; Labunsky i sur., 2014; Mangiapane i dr., 2014). Zaštitna uloga selenoproteina u reprodukciji svinja povezana je s potrebom za učinkovitom antioksidativnom obranom kako bi se spriječile negativne posljedice prekomjerne proizvodnje slobodnih radikala tijekom sakupljanja sjemena, manipulacije (npr. razrjeđivanje, skladištenje itd.) i umjetne oplodnje.

Postoje i oprečna istraživanja vezana za učinak selena na kvalitetu sjemena nerasta. Tako Horky i sur. (2023.). navode da dodavanje nano čestica selena u hranu rasplodnih nerastova značajno ne poboljšava kvalitetu ejakulata. Stoga sugeriraju da hranidbu nerastova treba pažljivo razmotriti u smislu troškova hrane i učinkovitosti nano selena kao novog oblika suplementacije selena te da bi se daljnja istraživanja trebala usredotočiti na određivanje sinergije između nano selenskih oblika i drugih antioksidansa koji se čine obećavajućim alatima za poboljšanje kvalitete sjemena nerastova. Na tragu navedenoga je i istraživanje Lovercampa i sur. (2013.) koji ukazuju na to da dugotrajno dodavanje anorganskog ili organskog selena u komercijalne obroke nije utjecalo na proizvodnju sjemena ili kvalitetu sperme, bez obzira na vrijeme njenog prikupljanja. Drugim riječima, dodatak selena nije ostvario dodatne koristi u proizvodnji sjemena ili kvaliteti sperme u odnosu na obroke bez selena. Osim toga nije bilo uočene koristi dodatka selena na kvalitetu sjemena tijekom razdoblja skladištenja od 6 dana nakon sakupljanja.

Kao što vidimo učinak selena na kvalitetu sjemena nerasta vrlo je oprečan i potrebna su dodatna istraživanja kako bi se mogao u potpunosti valorizirati, dodatkom različitih oblika selena u hranu, na svojstva i kvalitetu nerastovskog sjemena. Najznačajniji benefiti dodavanja selena u hranidbi kod svinja utvrđeni su kod krmača i prasadi.

Znanstvena istraživanja pokazala su da je selen jedan od najbitnijih elemenata u hranidbi krmača, a u posljednja dva desetljeća prikupljeno je mnogo informacija koje pokazuju da je prehrambeni oblik selena glavna determinanta njegove učinkovitosti. Organski selen ima mnoge važne prednosti u hranidbi krmača u usporedbi s tradicionalnim natrijevim selenitom što se očituje kroz poboljšani antioksidativni odziv krmača, povećanu koncentraciju selena u kolostrumu i

mlijeku i poboljšani antioksidativni status kolostruma i mlijeka, zatim poboljšani prijenos selena preko placente te poboljšani selenski status fetusa i razvoj svinjskih embrija (Surai i Fisinin, 2015.). Dokazano je da je zamjena natrijevog selenita organskim selenom u hranidbi krmača poboljšala status selena kod novorođene prasadi koju karakterizira povećana koncentracija selena u tkivima i cijelom tijelu. Konkretno, povećana koncentracija selena u mišićima prasadi može se smatrati važnim oblikom skladištenja selena koji se koristi u uvjetima stresa (Edmunds i sur., 2022.). Nadalje, organski selen u hranidbi krmača (u usporedbi s natrijevim selenitom) osigurava bolji status selena i antioksidativni status prasadi koja se odbijaju te poboljšava metabolizam štitnjače i povećava aktivnosti glavnih probavnih enzima u gušterači prasadi u vrijeme odbijanja (Cao i sur., 2014.). Međutim, kod većine komercijalno relevantnih parametara (stopa rasta, mortalitet, utrošak hrane za kilogram prirasta, itd.) nisu do sada utvrđene čvrste povezanosti s dodatkom organskog selena u obroke. Ipak, najnovije publikacije u kojima je natrijev selenit zamijenjen čistim organskim izvorom selena u hranidbi krmača, ukazuju na značajnije poboljšanja u težini legla nakon odbijanja i prosječnoj težini prasadi te dnevnom prirastu prasadi od rođenja do odbijanja (Chao, 2019.).

Kim i Mahan (2001.) su uspoređivali dodatak različitih razina organskog i anorganskog selena u hrani na proizvodna svojstva bređih krmača i imunološki status i proizvodna svojstva prasadi u njihovim prvim leglima. Prirast nazimica i unos hrane smanjivali su se tijekom razdoblja uzgoja kako se razina selena u hrani povećala za oba izvora selena. Koncentracije selena u serumu i jetri povećavale su se kako se povećavala razina selena u hrani i bila je viša kada su hranjene organskim selenom. Krmače hranjene dijetalnim razinama selena > 7 ppm imale su nižu gestacijsku težinu i niži laktacijski unos hrane. Kako se razina selena povećavala, krmače hranjene organskim selenom imale su manji broj živo oprasene i odbijene prasadi s nižim prirastom legla od krmača hranjenih anorganskim selenom. Koncentracije selena u kolostrumu i mlijeku porasle su kako su se razine selena u hrani povećale, posebno kod krmača hranjenih organskim selenom. Koncentracije selena u tkivu novorođene i odbijene prasadi i koncentracije selena u serumu povećavale su se kako se povećavala razina selena u hrani i kada su hranjena organskim selenom. Autori zaključuju da su i organski i anorganski izvori selena toksični kada se u hranu dodaju u koncentraciji od 7 do 10 ppm tijekom duljeg razdoblja i da se organski selen više izražava kroz selenotske učinke tijekom bređosti, dok anorganski selen ima štetniji utjecaj tijekom dojnog razdoblja.

Brojna istraživanja ukazala su na pozitivan učinak dodavanja selena u obroke za svinje na imunomodulaciju, bređost, sprečavanje toksičnosti i imuni odziv na učinke stresora iz okoliša (Hefnawy i sur., 2010.; Hassan i sur., 2020.). Učinak različitih izvora selena (organski tj.

selenometionin, SeMeth/Se-methylselenocysteine, MeSeCys, i anorganski tj. natrijev selenit, NaSe) na imunološku funkciju, ukupno zdravlje i kvalitetu mesa ukazali su da organski oblici selena daju jači imunološki odziv i veće koncentracije selena unutar tkiva za razliku od anorganskog oblika. Čak štoviše, koncentracije IgG, IgA i IgM u serumu skupina s organskim suplementom selena bile su značajno više u usporedbi s anorganskom. MeSeCys također je povećao ekspresiju gena brojnih selenoproteina jetre i mišića. SeMet i MeSeCys pokazali su napredne sposobnosti za poboljšanje ukupne imunološke funkcije (Zhang i sur., 2020.).

Brojna druga istraživanja koja su uspoređivala organske i anorganske izvore selena dala su slične rezultate, pri čemu se dosljedno pokazalo da organski izvori povećavaju koncentracije selena u serumu, aktivnost GSH-Px i antioksidacijsku sposobnost (Zhan i sur., 2007.; Li i sur., 2011.; Cao i sur., 2014.). Također, povećani unos selena hranom kod gravidnih krmača povećao je razinu selena i antioksidativne kapacitete i kod krmače i kod prasadi, dok je smanjio razinu upalnih čimbenika. Razine selena u kolostrumu i mlijeku krmača mogu se značajno povećati kada se krmačama dodaje organski selen. Zanimljivo je da je anorganski selen bio biološki dostupniji za povećanje aktivnosti GSH-Px u serumu krmača (Mateo i sur., 2007.; Jang i sur., 2010.).

Tako su Zhou i sur. (2021.) utvrdili da je hranidba krmača organskim selenom tijekom bređosti značajno povećalo težinu novorođene prasadi, težinu prasadi pri odbiću, težinu legla pri odbiću kao i sadržaj selena u kolostrumu krmače, mlijeku i serumu te sadržaj selena i aktivnost glutacione peroksidaze u serumu prasadi. Međutim, to nije imalo utjecaja na broj živorođene prasadi i težinu legla pri rođenju. Autori naglašavaju da su pasmina krmače ili dob prasadi tijekom odbića faktori utjecaja na učinak dodatka selena u hranidbi krmača na reprodukciju krmača i razvoj prasadi.

Dalgaard i sur. (2018.) ukazuju na razlike u metabolizmu organskih i anorganskih izvora selena naglašavajući da bioraspoloživost i raspodjela selena u tijelu prasadi ovisi, između ostalog, i o kemijskom obliku selena. Prema autorima, organski izvori selena bioraspoloživiji su od anorganskih izvora, što rezultira učinkovitijim prijenosom selena putem kolostruma krmača do njihovog potomstva. Navedeno dovodi do povećanog imuniteta i otpornost prasadi. Uzimajući u obzir povećanu upotrebu antibiotika i farmakološke razine cinkovog oksida za liječenje proljeva *E. coli* u proizvodnji svinja, autori zaključuju kako se i nutritivna imunologija svinja može koristiti kao alat, te u tom kontekstu kako dijetetske razine i izvori selena mogu modulirati otpornost na ovu zaraznu bolest što upućuje na to da selen može inhibirati patogenost određenih virusa.

Glienke i Ewan (1977.) uspoređivali su proizvodna svojstva prasadi čije su majke dobivale obroke s preporučenim količinama selena s prasadi iz legla krmača hranjenih hranom s

nedostatkom selena i vitaminom E. Vitamin E i selen spriječili su gubitak uslijed uginuća kod prasadi, ali prasad koja nije dobivala dodatak vitamina E i selen uginula je između 3. dana nakon odbića u dobi od oko 4 tjedna. U prisutnosti vitamina E, dodatak selena poboljšao je rast, unos hrane, omjere hrane: prirast i probavljivost suhe tvari, dušika i eterskog ekstrakta. Rezultati sugeriraju da je razina od 0,05 ppm selena, uz 0,01 do 0,02 ppm prisutna u dodacima smjesama primjerenim za svinju. Stoga je minimalna potreba selena za prasad u porastu hranjenu polupročišćenom hranom koja sadrži 100 IU vitamina E manja od 0,1 ppm.

Surai (2021.) navodi da je glavna prednost organskog selena u hranidbi prasadi vezana za stvaranje rezervi selena u tijelu. U uvjetima stresa, kada su potrebe za antioksidansima znatno povećane, ali je potrošnja hrane obično smanjena, rezerve selena, prema autoru, akumulirane u tkivima, mogle bi biti ključne za otpornost svinja na štetne učinke slobodnih radikala i toksičnih produkata njihovog metabolizma. Nadalje, autor navodi da je dokazano da je korištenjem organskog selena u hranidbi prasadi moguće poboljšati antioksidacijsku obranu prasadi što potencijalno može poboljšati adaptacijske sposobnosti životinja na različite stresove. Zabrinutost za okoliš oko selena kao potencijalnog zagađivača dovodi do zakonskih ograničenja razina selena koja se može uključiti u hranidbu svinja. Stoga bi bolja asimilacija selena iz organskih izvora potencijalno mogla pomoći nutricionistima za svinje da prevladaju posljedice takvog ograničenja. Kada se organski selen koristi u hranidbi prasadi i tovnih svinja, postoji mogućnost proizvodnje svinjetine u obliku funkcionalne hrane obogaćene selenom, koja bi mogla pomoći u suočavanju s nedostatkom selena u raznim dijelovima svijeta. Autor zaključuje da se učinak antioksidansa na kvalitetu svinjskog mesa opsežno proučava i čini se vjerojatnim da je kombinacija povećanih doza vitamina E s organskim selenom optimalno rješenje za svinjogojску industriju.

Selen također igra ključnu ulogu u gastrointestinalnom sustavu kroz vezu između crijevne mikrobiote i imunološkog sustava domaćina, što je utjecalo na povećanu primjenu različitih oblika selena u održavanju crijevnog imuniteta i mikrobiote. Takva suplementacija stimulira diferencijaciju i proliferaciju epitelnih stanica koje reguliraju crijevnu homeostazu i stoga poboljšanje takvog okruženja pomoću dodavanja selena u obrocima u konačnici jača imunološki sustav domaćina i pomaže domaćinu da tolerira antigene koji su prirodno prisutni u crijevima (Vieira i sur., 2013.).

Brojna istraživanja ukazuju da nedostatak selena uzrokuje i smanjenjem broja T stanica, odgovor antitijela i učinkovitosti neutrofila, smanjujući sposobnost izgradnje snažnog imunološkog odgovora i povećavajući osjetljivost na izazove iz okoliša kao što je infekcija

(Shrimali i sur., 2008.). Ostali zdravstveni poremećaji koji su posljedica nedostatka selen uključuju srčanu bolest (MHD) i hepatitis dietetica (HD) kod svinja (Helke i sur., 2020.).

Opisane su brojne prednosti dodavanja selen u obroke svinja, no još uvijek je veliki izazov za nutricioniste i proizvođače određivanje odgovarajuće doze za postizanje najboljeg odziva domaćina bez toksičnog učinka. Pretjerani unos selen dovodi do toksičnog stanja koje se naziva selenioza. Kod domaćih životinja simptomi trovanja selenom koji se obično opažaju su gubitak dlake, deformacije papaka i smanjena produktivnost, dok će akutna izloženost visokom unosu selen rezultirati smrću zbog respiratornog zatajenja (Dalgaard i sur., 2018.). Smatra se da primjena selen u obliku nanočestica predstavlja dobru alternativu u dodavanju selen u obroke jer sprječava toksičnost i povećava kemijsku stabilnost i biokompatibilnost. Nano-Se dovodi do veće retencije selen i aktivnosti glutathion S-transferaze zbog svoje manje veličine i veće bioraspoloživosti (Hassan i sur., 2020.).

Surai (2015.) navodi visoku učinkovitost povećanja koncentracije i sadržaja selen u krvi, tkivima i organima prasadi uslijed povećanja razine organskog i anorganskog selen u obrocima i to u razinama od 0,2 ppm, 0,3 ppm, 0,4 ppm i 0,5 ppm. Veće razine od 0,5 ppm, prema autoru, nepovoljno utječu na povećanje koncentracije i sadržaja ovog nutrijenta u krvi, organima i tkivima. Autor također navodi da je bolja pretvorba, tj. povećanje koncentracije i sadržaja selen u krvi, organima i tkivima kod prasadi koja je dobivala organski u odnosi na prasid koja je dobivala anorganski selen u hrani.

Cao i sur. (2014.) su istraživali učinkovitost dodatka DL-selenometionina (DL-SeMet) i natrijevog selenita na svojstva rasta, antioksidativni status, koncentraciju selen u plazmi i imunološki odziv odbijene prasadi. Prasid koja je dobila 0,3 i 0,7 mg/kg DL-SeMet imala je bolji prosječni dnevni prirast, a najbolja antioksidacijska sposobnost (serum, jetra i mišići) utvrđena je kod prasadi koja je dobivala 0,1-0,3 mg/kg DL-SeMet. Koncentracija selen u plazmi je porasla kako je rasla dijetalna razina DL-SeMet. Imunitet među skupinama nije bio narušen. Autori zaključuju da dodavanje DL-SeMet u hranu značajno poboljšalo učinak rasta, antioksidacijsku sposobnost i sadržaj selen u plazmi odbite prasadi te da DL-SeMet može zamijeniti natrijev selenit u hranidbi odbite prasadi.

Chao i sur. (2019.) istraživali su učinak hidroksi-analoga selenometionina (HMSeBA) na prirast, taloženje selen i antioksidativni status prasadi. Utvrdili su da dodatak u hrani HMSeBA nije utjecao na priraste prasadi. Međutim, dodatak HMSeBA povećao je koncentracije selen u serumu, jetri, bubrezima i mišićima u usporedbi sa skupinama koje su dobivale selen iz natrijevog selenata. Također, selen iz HMSeBA povećao je ukupnu antioksidacijsku sposobnost seruma, a

dodatak 0,4 i 0,5 mg Se iz HMSeBA povećao je aktivnosti serumske glutation peroksidaze (GPx). Autori također navode da je dodavanje 0,1, 0,2, 0,4, 0,5 mg seleno iz HMSeBA povećalo aktivnosti GPx i smanjilo sadržaj malondialdehida (MDA) u jetri te je povećalo aktivnosti serumske superoksid dismutaze (SOD) i jetrene T-AOC aktivnosti, a smanjilo razinu MDA u serumu. Zaključak autora je da bi dodatak u hrani HMSeBA mogao poboljšati taloženje seleno u serumu i tkivu te antioksidativni kapacitet prasadi, što sugerira da bi HMSeBA mogao biti učinkovit izvor seleno za prasado.

Rao i sur. (2023.) uspoređivali su dodatak seleno u hranidbi prasadi do odbića iz tri različita izvora (natrijev selenit, selenov kvasac i hidroksi-selenometionin - OH-SeMet). Utvrdili su da nije bilo značajnih razlika u pogledu prosječnih devnih prirasta i unosa hrane kod prasadi koja je dobivala selen iz natrijevog selenita i kvasca, dok je kod prasadi hranjene OH-SeMet-om uočena tendencija smanjenog prosječnog dnevnog prirasta i povećane koncentracije seleno u serumu i tkivu u usporedbi s drugim tretmanima. Autori su utvrdili i značajnu interakciju između izvora seleno i dobi prasadi na ukupni antioksidativni kapacitet gdje je brojčano povećanje tijekom vremena bilo manje za OH-SeMet od tretmana natrijevim selenitom ili selenskim kvascem. Nije bilo razlike u antioksidativnom statusu mjerenom serumskom glutation peroksidazom ili testom reaktivnih tvari tiobarbiturne kiseline između tretmana. Autori zaključuju da, u usporedbi s natrijevim selenitom i selenskim kvascem, OH-SeMet može imati veću bioraspoloživost na što ukazuje povećana koncentracija seleno u serumu i tkivu.

U skladu s novim hranidbenim strategijama koje imaju za cilj poboljšati proizvodna i zdravstvena svojstva prasadi, pronalaze se novi alternativni izvori najvažnijih nutrijenata, pa tako i seleno. Tako su Wang i sur. (2022.) istraživali učinak dodatka u obroke prasadi *Cardamine violifolia*, biljke koja u sebi sadrži znatne količine organskog seleno. Utvrdili su da *Cardamine violifolia* obogaćena selenom ima bolji učinak poticanja rasta od natrijevog selenita ili selenom obogaćenog kvasca u hranidbi odbijene prasadi. Dodatak *Cardamine violifolia* u hranidbi odbijene prasadi može poboljšati učinak rasta, funkciju crijeva, antioksidativni kapacitet i ekspresiju selenoproteina na razini od 0,3 mg/kg. Autori zaključuju da ovi rezultati pružaju znanstvene dokaze o mogućem razvoju antioksidativnih lijekova u budućnosti kao i širu primjenu *Cardamine violifolia* u hranidbi prasadi.

Toplinski stres dobro je poznat čimbenik koji može negativno utjecati na zdravlje svinja. Prasad hranjena probiotičkom hranom obogaćenom selenom i uzgajana pod toplinskim stresom bila je sposobnija održavati imunološke funkcije (povećana proliferacija T limfocita i

koncentracija IL-2) te je imala veću sintezu selenoproteina i veći antioksidativni kapacitet u usporedbi s kontrolnom prasadi, a također je ostvarila i povećani prirast (Sayyari i sur., 2018.).

U kontekstu hranidbe svinja, selen predstavlja esencijalni mineral u tragovima koji ima ključnu ulogu u raznim fiziološkim funkcijama. Koledziey Skalska i sur. (2020.) navode u svojim istraživanjima da je dodatak povećane razine selen u kombinaciji s vitaminom E u obrocima prasadi rezultirao poboljšanjem svojstava rasta u razdoblju nakon zalučenja pa sve do kraja tova. Također, isti autori navode u svojim istraživanjima da je dodatak povećane razine selen u kombinaciji s vitaminom E u obrocima prasadi rezultirao poboljšanjem biokemijskih parametara u serumu, prvenstveno sa sniženjem koncentracije kolesterola i ukupnih triglicerida.

Selen ima također i potencijal za suzbijanje imunosupresije izazvane mikotoksinom Deoksinivalenolom (DON) kod prasadi (Mahan i sur., 2000.). Stoga su bolesti kod prasadi uzrokovane nedostatkom selen izraženije kada se javljaju istodobno s nedostatkom vitamina E (Kieliszek, 2019.).

Zalučenje je jedan od najstresnijih događaja u životu prasadi. Naglo su odvojeni od krmače, prebačeni u nepoznato okruženje, pomiješani s nepoznatom prasadi, moraju se nositi s novim patogenima i antigenima povezanim s hranom i umjesto visoko probavljivog i ukusnog mlijeka krmače, zalučena prasadi svinje moraju se oslanjati na čvrstu suhu hranu sastavljenu od manje probavljivih proteina. Stoga je razdoblje neposredno nakon zalučenja obilježeno nizom imunoloških promjena kao što je pojačana regulacija upalnih citokina i povećana koncentracija proteina akutne faze (Jayaraman et Nyachoti, 2017.). Nadalje, održavanje redoks ravnoteže od najveće je važnosti za učinkovit imunitet i zdravlje crijeva. U tom smislu pronalaze se hranidbeni koncepti koji povećavaju endogeni antioksidativni kapacitet kod zalučene prasadi. Dodatci hrani s organskim selenom značajno su poboljšali učinak rasta, antioksidacijsku sposobnost (više razine GPx u serumu) i sadržaj selen u plazmi prasadi zalučene prasadi (Hefnavy i sur., 2010.). Dodani organski selen bio je učinkovit u smanjenju upale i oksidativnog stresa kod zalučene prasadi koja je bila oralno inficirana *Salmonella typhimurium* inducirajući aktivnost limfocita i ekspresiju antioksidativnih enzima (Hosendlova i sur., 2017.).

Kao što je ranije navedeno, nedostatak selen kod svinja dovodi do smrtonosne kardiomiopatije MHD (Mulberry heart disease). Vjeruje se da smanjena antioksidacijska aktivnost koja proizlazi iz nedostatka selen dovodi do MHD. Pretpostavlja se da je temeljni patofiziološki mehanizam koji stoji iza ove miopatije rezultat oštećenja stanične membrane slobodnim radikalima, što zauzvrat dovodi do povećanog mitohondrijskog priljeva kalcija i degeneracije mišićnih vlakana. Važno je istaknuti da su mlade svinje najosjetljivije na bolest

budući da su razine selen a niže kod zalučene prasadi nego kod odraslih svinja. 54% prasadi kod zalučenja imalo je razine selen a ispod referentnih razina (Helke i sur., 2020.; Mou i sur., 2021.).

Nekoliko istraživanja definiralo je selen kao modulator imunološkog sustava. Selen je uključen u hranidbu svinja kako bi se spriječile bolesti koje proizlaze iz nedostatka selen a kao i u borbu protiv raznih infekcija korištenjem njegovih poznatih imunomodulatornih svojstava. Stanični imunološki odgovor, mjeran in vitro odzivom limfocita na stimulaciju mitogenom, bio je niži kod zalučene prasadi hranjene hranom s nedostatkom vitamina E i selen a. Također, aktivnost GPx bila je niža kao odgovor na nedostatak selen a i vitamina E (Lessard i sur., 2001.)

Prasad hranjena organskim izvorom selen a imala je smanjene serumske koncentracije proupalnih citokina (TNF- α , IL-1 β i IL-6) kada su bili izloženi oksidativnom stresu. Štoviše, razine ekspresije TNF- α , IL-6, IL-1 β , TLR4 i nuklearnog faktora- κ B (NF- κ B) u jetri i timusu bile su smanjene kod prasadi hranjenih organskim selenom i podvrgnutih oksidativnom izazovu (Liu i sur., 2021.).

U novije vrijeme kao alternativni izvor selen a u obrocima za svinje koristi se tzv. biofortificirani selen. Biofortificiranje je proces koji ima za cilj povećati koncentraciju esencijalnih i deficitarnih nutrijenata u krmivima putem gnojidbe tla selenatom (agronomska biofortifikacija) ili putem biljnog uzgoja (genetska biofortifikacija; White i Broadley, 2005.). Biofortifikacija se usredotočuje na obogaćivanju biljke hranjivim tvarima dok biljka raste, umjesto da se hranjive tvari dodaju prilikom pripreme obroka. Gnojidba selenatom je djelotvorna u povišenju koncentracija selen a kroz biofortifikaciju žitarica što omogućuje djelotvorno, jednostavno i ekonomično povišenje razine selen a u hrani. Sve gore navedene prednosti primjene dodanog selen a u hranidbi svinja, posebice zalučene prasadi, vrijede i za dodatak u obroke biofortificiranog selen a, s tim da mnogi autori navode u svojim istraživanjima da su učinci dodavanja biofortificiranog selen a bili povoljniji za svinje u pogledu zdravstvenog statusa, imunog odziva i proizvodnih svojstava (Adadi i sur., 2019.; Qian i sur., 2019.).

Dodatak selen a u obroke tovni h svinja pokazao je oprečne rezultate. Opravdanost hranidbene strategije dodavanja selen a u obroke tovni h svinja ovisi, prvenstveno, o ciljevima koji se time žele dostići. Imuni odziv je puno značajniji kod prasadi, što je opisano ranije, tako da se kod dodavanja selen a u obroke tovni h svinja treba zapitati postoji li ekonomska opravdanost i koji bi benefiti proizašli iz takve strategije. Ekonomska opravdanost može se pronaći u proizvodnji funkcionalne hrane, tj. mesa obogaćenog selenom kao deficitarnim esencijalnim mikroelementom u prehrani ljudi. S obzirom na dostupnost svinjskog mesa i njegovu cijenu, teško je očekivati da bi potrošači bili spremni platiti značajno višu cijenu ovakvog obogaćenog svinjskog mesa. No

eventualno smanjenje troškova proizvodnje, a time i smanjenje cijene mesa, moglo bi se postići kroz proizvodnju biofortificirane hrane za svinje (kukuruza, ječma), što bi u značajnoj mjeri smanjilo troškove samog tova.

Na tragu navedenoga je i istraživanje Šperande (2014.) koji je pratio djelotvornost dodatka viših koncentracija organskoga seleno u obroku tovnih svinja u odnosu na njihov rast, otpornost, antioksidativnu snagu, kvalitetu mesa i mogućnost obogaćivanja mesa selenom. Autor je utvrdio da dodatak organskoga seleno u koncentraciji od 0,5 ppm sam i uz dodatak zeolita klinoptilolita utječe na podizanje imunog odgovora, veću antioksidativnu zaštitu i veće povećanje seleno u mesu kod tovnih svinja, u smislu proizvodnje namirnice s obilježjem funkcionalne hrane.

Zhang i sur. (2020.) istraživali su učinke različitih izvora seleno na kvalitetu mesa tovnih svinja i promjene na mesu tijekom skladištenja. Kontrolna hrana nadopunjena je s 0,3 mg/kg seleno iz natrijevog selenita, a eksperimentalni obroci uključivali su 0,3, 0,3 i 0,15 + 0,15 mg/kg seleno iz selenom obogaćenog kvasca i selenometionina. Autori su utvrdili da zamjena anorganskog seleno u hranidbi organskim selenom može poboljšati sadržaj proteina i masti u longissimus thoracis i kvalitetu mesa tovnih svinja. Osim toga, organski selen može smanjiti sadržaj mikroba u longissimus thoracis između trećeg i sedmog dana, učinkovito spriječiti kvarenje longissimusa thoracis i tako produžiti rok trajanja longissimus thoracis. Autori zaključuju da je hranidba kukuruzno-sojinim brašnom s dodatkom organskog seleno bila učinkovita strategija za poboljšanje kvalitete mesa i produljenje roka trajanja longissimusa thoracis.

Mateo i sur. (2007.) istraživali su učinkovitost organskih i anorganskih izvora seleno na učinak rasta, nakupljanje seleno u tkivu i karakteristike trupova svinja u tovu. Svinje su hranjene obrocima s visokim endogenim sadržajem seleno. Utvrdili su da suplementacija seleno s organskim izvorom rezultira smanjenjem gubitka mesnog soka u kareu. Autori zaključuju da dodatak organskog seleno može poboljšati kvalitetu svježeg svinjskog mesa i potrošačima osigurati veći unos seleno prehranom.

U istraživanjima Silve i sur. (2019.) istraživao je utjecaj dodatka selenometionina (SM) na svojstva i randman svinjskih trupova, tehnološka i kvalitativna svojstva mesa i taloženje seleno u tkivu utovljenih svinja. Izvori seleno u obrocima, osim njihovih dodanih razina od 0,30 do 0,60 ppm, ne mijenjaju svojstva performansi tovnih svinja ili prinos mesa u trupu. Izvor seleno ne utječe na randman svinja, no korištenjem SM na razinama od 0,30 do 0,60 ppm postoji linearna tendencija povećanja randmana svinja povećanjem seleno u obrocima. Upotreba SM samo ili u kombinaciji s natrijevim selenitom u prehrani tovnih svinja potiče veće taloženje seleno u

mišićima u usporedbi s natrijevim selenitom. Autori zaključuju da dodatak SM na razini od 0,4 ppm potiče bolja fizikalno-kemijska svojstva i veće taloženje selen u mišićima. Konzumacija 150 grama karea od svinja koje su 30 dana prije klanja dobivale hranu koja je sadržavala SM u količini od 0,4 ppm, potiče unos 67,5 µg selen, što je u potpunosti u skladu s prehrambenim preporukama za odrasle ljude.

Iz svega ranije navedenog može se zaključiti da dodatak selen u hranidbi ima značajnu ulogu u podizanju imuniteta gotovo svih kategorija svinja, posebno kod novorođene i odbijene prasadi. Također, selen utječe na poboljšanje nekih proizvodnih svojstava, te štiti od mnogih bolesti. Još uvijek je primjena selen u svinjogojstvu područje koje je nedovoljno istraženo, upravo zbog njegovog velikog utjecaja na različita svojstva, ali i zbog interakcije s drugim nutrijentima i čimbenicima. Različiti oblici selenskih dodataka kao i izvori istih ukazuju da je potrebno intenzivirati istraživanja na području primjene ovog esencijalnog mikroelementa. Posredni učinak pozitivnog djelovanja selen u proizvodnji svinja ogleda se i kroz ljudsko zdravlje, prije svega zbog značajnog udjela koji svinjsko meso i proizvodi od svinjetine imaju u prehrani ljudi.

3. CILJ ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZA

Cilj ovog doktorskog rada je utvrditi u kojoj mjeri dodatak različitih izvora, oblika i količine selena (organskog i anorganskog, te nano selena) u obrocima zalučene prasadi utječe na proizvodne pokazatelje u uzgoju te na zdravstvene pokazatelje. Na taj način definirali bi se eventualni benefiti u svrhu poboljšanja proizvodnog procesa kod zalučene prasadi.

U svrhu realizacije planiranog cilja planirano je sljedeće:

1. utvrditi proizvodne pokazatelje prasadi tijekom uzgoja (tjelesne mase, prosječni dnevni prirasti, konverzija i iskorištenost hrane),
2. utvrditi zdravstvene pokazatelje tijekom razdoblja uzgoja (mortalitet, obolijevanje, score dijareje, liječenje),
3. provesti patoanatomske i histološke analize te bakteriološke pretrage: CFU/ml u rektalnom obrisu,
4. utvrditi koncentraciju selena u tkivima (krv, mišić, jetra, srce, bubrezi, štitnjača),
5. utvrditi izlučivanje selena u fecesu i urinu te antioksidativni status (GPx, GR, SOD, glutation, katalaza u krvi).
6. utvrditi imunološki status prasadi pomoću leukograma i imunofenotipizacije limfocita, a lipidnu peroksidaciju MDA u mišiću i jetri 0. dan, nakon 7 dana držanja u hladnjaku i nakon 60 dana dubokog smrzavanja (-20 0 C).
7. obaviti biokemijske pretrage koje će definirati neenzimatske pokazatelje antioksidativnog statusa,
8. definirati poželjne razine i oblike selena u obrocima zalučene prasadi,

Znanstvena hipoteza ovog doktorskog rada je da postoji povezanost izvora, oblika i količine selena u obrocima zalučene prasadi na proizvodne i zdravstvene pokazatelje tijekom uzgoja zalučene prasadi. Na temelju pretpostavljene povezanosti može se definirati i provesti novi koncept hranidbe zalučene prasadi sa ciljem poboljšanja proizvodnih, zdravstvenih i fizioloških svojstava. Na taj način posredno će se utjecati i na povećanje učinkovitosti proizvodnog procesa, ostvarenje boljih proizvodnih rezultata u nastavku ciklusa te povećanje ekonomičnosti i održivosti farme kroz bolju iskoristivost hrane i smanjenje troškova liječenja.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

4.1. Plan istraživanja

Praktični dio istraživanja proveden je na svinjogojskoj farmi Ovčara koja posluje u okviru poduzeća Vupik plus d.o.o., na 200 prasadi hibrida PIC (Pig Improved Company) od kojih je bilo 100 muške i 100 ženske prasadi. Istraživanje je provedeno u periodu od 27.6.2023. do 10.8.2023. godine. Tijekom tog perioda prasadi je bila podijeljena u 4 skupine po 50 prasadi (25 muških i 25 ženskih u svakoj skupini), ravnomjerno raspoređena prema masi kod zalučenja koje je obavljeno 28. dan nakon poroda. Istraživanje je trajalo od zalučenja do prosječne starosne dobi od 78 dana. U tablici 1 prikazan je plan istraživanja s rasporedom prasadi po skupinama i vrstom obroka koje su pojedine skupine dobivale.

Tablica 1. Shema istraživanja

Skupina	Broj životinja	Tretman
K	50	Standardna krmna smjesa
P1	50	Standardna krmna smjesa + 3 ppm/kg organskog selena (Selplex)
P2	50	Standardna krmna smjesa + selen iz biofortificiranih krmiva (3 ppm/kg)
P3	50	Standardna krmna smjesa + 3 ppm nano selena (Framelco, Fra Easy Selenium Dry)

K - kontrolna skupina; P1 - prva pokusna skupina; P2 - druga pokusna skupina; P3 - treća pokusna skupina

Prasadi je bila smještena u obore za skupno držanje s rešetkastim podom od čvrste plastike. Prije naseljavanja prasadi, obori su bili očišćeni, oprani i dezinficirani. Prasadi je tijekom istraživanja dobivala hranu i vodu po volji iz automatskih hranilica i pojilica.



Slika 7. Zalučena prasad neposredno nakon useljavanja u obor (Foto: Jurčević, J.)

4.2. Hranidba prasadi tijekom pokusa

Obroci su pripremljeni u Tvornici stočne hrane „Vitalka“ iz Donjeg Miholjca (Žito Grupa).

Prasad je tijekom cjelokupne faze istraživanja dobivala standardnu krmnu smjesu s 20% sirovih bjelančevina u koju su dodavani premiksi, ovisno o izvoru selena. Sastav početne standardne krmne smjese za hranidbu prasadi i premiksa dodavanih u standardnu krmnu smjesu za potrebe provedbe istraživanja prikazani su u sljedećim tablicama.

Tablica 2. Sastav početne krmne smjese za prasad

Komponenta	Udjel i količina
Sirove bjelančevine	20,0 %
Sirova mast	3,0 %
Sirova vlaknina	4,0 %
Kalcij	0,95 %
Fosfor	0,65 %
Natrij	0,20 %
Lizin	1,15 %
Metionin	0,35 %
Metabolička energija	13,5 MJ/kg
Vitamin A	15.000 i.j.
Vitamin D3	1.850 i.j.
Vitamin E	30 mg
Bakar	40 mg
Selen	0,25 mg
Aroma	250 mg
Antioksidant	75 mg
Probiotik	750 mg

Tablica 3. Sastav premiksa dodanog u početnu krmnu smjesu (Selplex 0,1 %)

Komponenta	Jedinica mjere	Količina
Vitamin A	IJ	1.504.000,000
Vitamin D3	IJ	200.000,000
Vitamin E	mg/kg	5.600,000
Vitamin B1	mg/kg	304,000
Vitamin B2	mg/kg	816,00
Vitamin B6	mg/kg	512,00
Vitamin B12	mg/kg	3,04
Vitamin K3	mg/kg	388
Kalcij-d-pantotenat	mg/kg	2.080,0
Folna kiselina	mg/kg	32,0
Biotin	mg/kg	800,0
Niacin	mg/kg	3.040
Vitamin C	mg/kg	2.000,00
Cholin klorid	mg/kg	55.200
Jod	mg/kg	154,00
Selen (selplex 0,1 %)	mg/kg	300,00
Željezo	mg/kg	12.000,00
Mangan	mg/kg	4.840,00
Cink	mg/kg	10.290,00
Bakar	mg/kg	2000,00

Tablica 4. Sastav premiksa dodanog u početnu krmnu smjesu (Selplex 0,1 %)

Komponenta	Jedinica mjere	Količina
Vitamin A	IJ	1.504.000,000
Vitamin D3	IJ	200.000,000
Vitamin E	mg/kg	5.600,000
Vitamin B1	mg/kg	304,000
Vitamin B2	mg/kg	816,00
Vitamin B6	mg/kg	512,00
Vitamin B12	mg/kg	3,04
Vitamin K3	mg/kg	388
Kalcij-d-pantotenat	mg/kg	2.080,0
Folna kiselina	mg/kg	32,0
Biotin	mg/kg	800,0
Niacin	mg/kg	3.040
Vitamin C	mg/kg	2.000,00
Cholin klorid	mg/kg	55.200
Jod	mg/kg	154,00
Selen (framelco 3,4 %)	mg/kg	8,823
Željezo	mg/kg	12.000,00
Mangan	mg/kg	4.840,00
Cink	mg/kg	10.290,00

Kemijska analiza obroka obavljena je u Laboratoriju za hranidbu domaćih životinja na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti u Osijeku.



Slika 8. Analiza obroka za prasid u pokusu u Laboratoriju za hranidbu domaćih životinja Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku (Foto: Jurčević, J.)

4.3. Utvrđivanje proizvodnih svojstava

Za potrebe utvrđivanja ukupnih i prosječnih dnevnih prirasta tijekom provedbe istraživanja izvršena su kontrolna vaganja sve prasadi. Prvo vaganje provedeno je tijekom useljavanja prasadi u obore (0. dan), drugo kontrolno vaganje provedeno je na sredini testa (22. dan), a treće kontrolno vaganje provedeno je na završetku testa (45. dan). Prasad je vagana individualno na automatskoj stočnoj vagi maksimalne nosivosti 250 kg.

Za potrebe utvrđivanja utroška i iskorištenosti hrane provodila su se vaganja i mjerenja ukupno dodane hrane tijekom cijelog vremena provedbe pokusa.

4.4. Uzorkovanje za patoanatomske pretrage

Za svrhu patoanatomskog pregleda 0. dana žrtvovano je po jedno prasce iz svake skupine, te po pet prasadi iz svake skupine 42. dana pokusa. Neposredno prije eutanazije, prasac se anestezirala intramuskularnom primjenom ketamina (Narketan, Vetoquinol S.A., Lure Cedex, Francuska) u dozi 10 mg/kg i ksilazina (Xylapan, Vetoquinol, Belp Bern, Švicarska) u dozi 2 mg/kg. Nakon toga se postavila intravenska kanila u v. *auricularis* te se intravenski primijenio preparat T-61 (Intervet International BV, Boxmeer, Kraljevina Nizozemska).

Nakon žrtvovanja od svakog praseta uzeti su uzorci duodenuma, jejuma, mišića (*Musculus longissimus dorsi* - MLD, *Triceps brachii*), perifernog limfnog čvora, koštane moždine, srca, bubrega, štitnjače i pluća za patoanatomsku pretragu žrtvovane prasadi. Uzorci navedenih tkiva pripremljeni su za analizu u laboratoriju Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku (Slika 9.).

Uzorci su fiksirani u 10% puferiranoj otopini formalina, a zatim obrađeni za histopatološku pretragu i pregledani svjetlosnim mikroskopom s fotografskim uređajem (Nikon Microphot — FXA, Japan). Za potrebe histopatološke analize, fiksirani uzorci duodenuma, jejuma i jetre, procesuirani su u histokinetu (Thermo Scientific Shandon Citadel 2000) dehidrirani u 75%, 96% i 100 %-tnom etanolu, zatim kiseline te na kraju utopljeni u smjesu parafina pri 5600. Pri sobnoj temperaturi, nakon hlađenja, blokovi su se samo razrezali mikrotomom (Microm 1-1M 355S, Njemačka) na rezove debljine 4 µm i poravnati na površini vodene kupelji zagrijane na 500C. Tkivo se zalijepilo i izrezalo na predmetna stakalca koja su prethodno premazana s 2% APES-om (3-aminopropil-trietoksilen, Sigma, St. Louis, SAD). Uzorci su se bojali klasičnom hemalaun-eozin metodom u uređaju Microm autostainer HMS70.

Nakon sušenja preparati su se histopatološki pretražili i snimljena su odabrana područja pojedinih preparata.



Slika 9. Priprema uzoraka za biokemijske pretrage (Foto: Jurčević, J.)

4.5. Hematološke pretrage

Za potrebe hematoloških pretraga, biokemijskih analiza i utvrđivanje aktivnosti enzima uzeti su uzorci krvi sterilno 1. i 22. dan u vacutainer epruvete iz gornje šuplje vene (*vena cava cranialis*) u količini od 5 ml s kompleksom (etilendiamintetraoctena kiselina, EDTA) i 5 ml za biokemijske analize. 42. dan pokusa prasadi uzeta je krv za potrebe biokemijske analize.

Svi uzorci krvi prevezeni su u laboratorij na temperaturi 2–8 °C unutar 2 sata nakon uzimanja uzorka. Ukupno 25 hematoloških parametara uključujući kompletnu krvnu sliku (KKS) i diferencijal bijelih krvnih stanica, analizirani su za svaki uzorak krvi korištenjem hematološkog sustava ADVIA® 2120i (Siemens Healthcare Diagnostics Inc., Erlangen, Njemačka) prema uputama proizvođača. Mjerenja su uključivala bijele krvne stanice (WBC), crvene krvne stanice (RBC), hemoglobin (HGB), hematokrit (HCT), srednju vrijednost korpuskularnog volumena (MCV), srednji korpuskularni hemoglobin (MCH), srednju korpuskularnu koncentraciju hemoglobina (MCHC), srednju vrijednost stanične koncentracije hemoglobina (CHCM),

korpuskularni hemoglobin (CH), širinu distribucije crvenih krvnih zrnaca (RDW), distribuciju hemoglobina (HDW), trombocite (PLT), srednji volumen trombocita (MPV), apsolutnu i postotnu vrijednost neutrofila, limfocita, monocita, eozinofila te bazofilnih granulocita.



Slika 10. Provjera rezultata hematoloških istraživanja (Foto: Jurčević, J.)

4.6. Biokemijske analize

Iz svakog uzorka odvojeno je 2 ml krvi i centrifugirano na $3000 \times g$ 10 minuta na $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ kako bi se dobila plazma za biokemijska ispitivanja. Ukupno je utvrđeno i analizirano 14 biokemijskih parametara uključujući ukupni protein (TP), albumin (ALB), aspartat transaminazu (AST), alanin aminotransferazu (ALT), alkalnu fosfatazu (ALP), ukupni kolesterol (TC), trigliceride (TG), glukozu (GLU), kreatinin (CREA), lipoproteine visoke gustoće (HDL), lipoproteine niske gustoće (LDL), dušik uree u krvi (BUN), gama-glutamil transpeptidaza (GGT)

i kreatin kinaza (CK) na automatiziranom uređaju HITEC 7100 (Hitachi, Ltd., Tokio, Japan) prema uputama proizvođača.

4.7. Utvrđivanje aktivnosti enzima

Aktivnost enzima glutation peroksidaze (GPx) i superoksid-dismutaze (SOD) utvrdila se automatskim analizatorom Beckman coulter AU400 (Beckman Coulter, USA), pomoću Randox reagensa (UK).

Sadržaj selen (Se), cink (Zn) i željezo (Fe) određeni su na spektrofotometru s induktivno spregnutom plazmom (ICPOES PerkinElmer Optima 2100 DV, SAD). Za pre-redukciju Se, 1 g uzorka stavljen je u čistu posudu od 50 ml i dodano je 20 ml koncentrirane HCl da se smanji Se^{6+} na Se^{4+} . Smjesa se zagrijava do 90 °C i ostavila da se ohladi na sobnu temperaturu. Koncentracije selen očitane su na valnoj dužini od Se 196,026 nm. Svi uzorci su se analizirali u triplicatu.

4.8. Boja tkiva

Boja tkiva (srce, mišić) izmjerena je pomoću MINOLTA CR-410 kolorimetra (KONICA MINOLTA, Osaka Japan) s 50 milimetarskim dijametarskim područjem mjerenja na površini uzorka standardnim osvjetljenjem za CIE LAB standardne boje L^* (svjetlina) i kromatske osi a^* (crveno-zeleno) i b^* (žuto-plavo).

4.9. Statistička analiza rezultata istraživanja

Za statističku analizu prikupljenih podataka (utvrđivanje osnovne varijabilnosti, povezanosti te razvoj i odabir optimalnih statističkih modela za procjenu značajnosti utjecaja različitih tretmana hranidbe (K, P1, P2, i P3) na analizirane grupe svojstava) korišten je SAS/STAT (SAS Institute Inc., 2019). Nadalje, za grafičku obradu i prezentaciju rezultata korišten je SAS Enterprise Guide (SAS Institute Inc., 2019).

Za statističku analizu korištene su baze podataka sljedećih grupa svojstava prasadi koja su bila uključena u provedbu pokusa:

- proizvodni pokazatelji i eksterijerne odlike sve prasadi (oba spola): tjelesna masa, prirast, utrošak hrane, konverzija.
- hematološki pokazatelji i diferencijalna krvna slika (oba spola): ukupan broj leukocita (WBC) i eritrocita (RBC), koncentracija hemoglobina (HGB), hematokrit (HCT), prosječni volumen eritrocita (MCV), prosječna količina hemoglobina u eritrocitima (MCH), prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima (MCHC) i koncentracija trombocita (PLT), neutrofili, bazofili, limfociti, eozinofili i monociti.
- biokemijski pokazatelji krvi (oba spola): glukoza, urea, ukupni proteini, albumini, globulini (izračunati kao razlika između koncentracije ukupnih proteina i albumina), aktivnost glutathion peroksidaza (GPx), super oksid dismutaza (SOD) i katalaza.
- boja tkiva L*, a*, b*.
- zdravstveno stanje prasadi (učestalost upale pluća, proljeva, uginuća).

U svim bazama podataka provedena je logična kontrola podataka te su definirane potrebne nove varijable. Nadalje, temeljem statističke obrade baza podataka utvrđena je povezanost između promatranih skupina svojstava te je razvijen i odabran optimalni statistički model za procjenu značajnosti utjecaja različitih tretmana hranidbe (K, P1, P2, i P3) na varijabilnost analiziranih grupa svojstava rano zalučene prasadi.

Za evaluaciju primijenjenih statističkih modela korišteni su sljedeći pokazatelji: korigirani koeficijent determinacije R²_{adj}, koji mjeri udio varijabilnosti pojašnjene modelom te standardna devijacija pogreške, RMSE, odnosno standardna devijacija razlike između stvarnih vrijednosti i vrijednosti procijenjenih modelom.

Za procjenu značajnosti utjecaja različitih tretmana hranidbe (K, P1, P2, i P3) na varijabilnost proizvodnih pokazatelja i eksterijernih prasadi (oba spola): tjelesna masa, prirast, utrošak hrane, konverzija, korišten je sljedeći statistički model:

$$y_{ijklm} = \mu + b_1 d_i + b_2 d_i^2 + T_j + S_k + M_l + e_{ijklm}$$

gdje je:

yijklm = procijenjeno svojstvo (tjelesna masa, prirast, utrošak hrane, konverzija,);

μ = intercept;

b1, b2 = regresijski koeficijent;

di = dob praseta (i = 28 – 75 dana);

Tj = fiksni utjecaj tretmana j (j = K, P1, P2, P3);

Sk = fiksni utjecaj spola praseta k (k = muško, žensko);

Ml = fiksni utjecaj rednog broja mjerenja l (l = 1, 2, 3, 4);

eijklm = pogreška.

Signifikantnost razlika u procijenjenim vrijednostima analiziranih svojstava uslijed utjecaja tretmana testirana je Scheffeovom metodom multiple komparacije uporabom PROC GLM procedure u SAS-u (SAS Institute Inc., 2019).

Nadalje, značajnost utjecaja različitih tretmana hranidbe (K, P1, P2, i P3) na varijabilnost proizvodnih pokazatelja i eksterijernih odlika sve prasadi (oba spola): tjelesna masa, prirast, utrošak hrane i konverzija procijenjena je i zasebno po rednom broju mjerenja (1, 2, 3, 4) pomoću sljedećeg statističkog modela:

$$y_{ijkl} = \mu + b_1 d_i + b_2 d_i^2 + T_j + S_k + e_{ijkl}$$

gdje je:

yijkl = procijenjeno svojstvo (tjelesna masa, prirast, utrošak hrane, konverzija);

μ = intercept;

b1, b2 = regresijski koeficijent;

di = dob praseta (i = 28 – 75 dana);

Tj = fiksni utjecaj tretmana j (j = K, P1, P2, P3);

Sk = fiksni utjecaj spola praseta k (k = muško, žensko);

eijkl = pogreška.

Signifikantnost razlika u procijenjenim vrijednostima analiziranih svojstava uslijed utjecaja tretmana zasebno po rednom broju mjerenja testirana je Scheffeovom metodom multiple komparacije uporabom PROC GLM procedure u SAS-u (SAS Institute Inc., 2019).

Za procjenu značajnosti utjecaja različitih tretmana hranidbe (K, P1, P2, i P3) na varijabilnost hematoloških pokazatelja i diferencijalne krvne slike (oba spola): ukupan broj leukocita (WBC) i eritrocita (RBC), koncentracija hemoglobina (HGB), hematokrit (HCT),

prosječni volumen eritrocita (MCV), prosječna količina hemoglobina u eritrocitima (MCH), prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima (MCHC) i koncentracija trombocita (PLT), neutrofili, bazofili, limfociti, eozinofili i monociti korišten je sljedeći statistički model:

$$y_{ijklm} = \mu + b_1 d_i + b_2 d_i^2 + T_j + S_k + M_l + e_{ijklm}$$

gdje je:

y_{ijklm} = procijenjeno svojstvo (ukupan broj leukocita (WBC) i eritrocita (RBC), koncentracija hemoglobina (HGB), hematokrit (HCT), prosječni volumen eritrocita (MCV), prosječna količina hemoglobina u eritrocitima (MCH), prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima (MCHC) i koncentracija trombocita (PLT), neutrofili, bazofili, limfociti, eozinofili i monociti);

μ = intercept;

b_1, b_2 = regresijski koeficijent;

d_i = dob praseta ($i = 28 - 75$ dana);

T_j = fiksni utjecaj tretmana j ($j = K, P1, P2, P3$);

S_k = fiksni utjecaj spola praseta k ($k =$ muško, žensko);

M_l = fiksni utjecaj rednog broja mjerenja l ($l = 1, 2, 3, 4$);

e_{ijklm} = pogreška.

Signifikantnost razlika u procijenjenim vrijednostima analiziranih svojstava uslijed utjecaja tretmana testirana je Scheffeovom metodom multiple komparacije uporabom PROC GLM procedure u SAS-u (SAS Institute Inc., 2019).

Nadalje, značajnost utjecaja različitih tretmana hranidbe (K, P1, P2, i P3) na varijabilnost hematoloških pokazatelja i diferencijalne krvne slike (oba spola): ukupan broj leukocita (WBC) i eritrocita (RBC), koncentracija hemoglobina (HGB), hematokrit (HCT), prosječni volumen eritrocita (MCV), prosječna količina hemoglobina u eritrocitima (MCH), prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima (MCHC) i koncentracija trombocita (PLT), neutrofili, bazofili, limfociti, eozinofili i monociti procijenjena je i zasebno po rednom broju mjerenja (1, 2, 3, 4) pomoću sljedećeg statističkog modela:

$$y_{ijkl} = \mu + b_1 d_i + b_2 d_i^2 + T_j + S_k + e_{ijkl}$$

gdje je:

y_{ijkl} = procijenjeno svojstvo (ukupan broj leukocita (WBC) i eritrocita (RBC), koncentracija hemoglobina (HGB), hematokrit (HCT), prosječni volumen eritrocita (MCV), prosječna količina hemoglobina u eritrocitima (MCH), prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima (MCHC) i koncentracija trombocita (PLT), neutrofili, bazofili, limfociti, eozinofili i monociti);

μ = intercept;

b_1, b_2 = regresijski koeficijent;

d_i = dob teleta ($i = 1 - 97$ dana);

T_j = fiksni utjecaj tretmana j ($j = K, P1, P2, P3$);

S_k = fiksni utjecaj spola teleta k ($k =$ muško, žensko);

e_{ijkl} = pogreška.

Signifikantnost razlika u procijenjenim vrijednostima analiziranih svojstava uslijed utjecaja tretmana zasebno po rednom broju mjerenja testirana je Scheffeovom metodom multiple komparacije uporabom PROC GLM procedure u SAS-u (SAS Institute Inc., 2019).

Za procjenu značajnosti utjecaja različitih tretmana hranidbe ($K, P1, P2, i P3$) na varijabilnost biokemijskih pokazatelja krvi (oba spola): glukoza, urea, ukupni proteini, albumini, globulini (izračunati kao razlika između koncentracije ukupnih proteina i albumina), aktivnost glutathion peroksidaze (GPx), super oksid dismutaze (SOD) i katalaze korišten je sljedeći statistički model:

$$y_{ijklm} = \mu + b_1 d_i + b_2 d_i^2 + T_j + S_k + M_l + e_{ijklm}$$

gdje je:

y_{ijklm} = procijenjeno svojstvo (glukoza, urea, ukupni proteini, albumini, globulini (izračunati kao razlika između koncentracije ukupnih proteina i albumina), aktivnost glutathion peroksidaze (GPx), super oksid dismutaze (SOD) i katalaze);

μ = intercept;

b_1, b_2 = regresijski koeficijent;

d_i = dob praseta ($i = 28 - 75$ dana);

T_j = fiksni utjecaj tretmana j ($j = K, P1, P2, P3$);

S_k = fiksni utjecaj spola praseta k ($k =$ muško, žensko);

M_l = fiksni utjecaj rednog broja mjerenja l ($l = 1, 2, 3, 4$);

e_{ijklm} = pogreška.

Signifikantnost razlika u procijenjenim vrijednostima analiziranih svojstava uslijed utjecaja tretmana testirana je Scheffeovom metodom multiple komparacije uporabom PROC GLM procedure u SAS-u (SAS Institute Inc., 2019).

Nadalje, značajnost utjecaja različitih tretmana hranidbe (K, P1, P2, i P3) na varijabilnost biokemijskih pokazatelja krvi (oba spola): glukoza, urea, ukupni proteini, albumini, globulini (izračunati kao razlika između koncentracije ukupnih proteina i albumina), aktivnost glutathion peroksidaze (GPx), super oksid dismutaze (SOD) i katalaze procijenjena je i zasebno po rednom broju mjerenja (1, 2, 3, 4) pomoću sljedećeg statističkog modela:

$$y_{ijkl} = \mu + b_1 d_i + b_2 d_i^2 + T_j + S_k + e_{ijkl}$$

gdje je:

y_{ijkl} = procijenjeno svojstvo (glukoza, urea, ukupni proteini, albumini, globulini (izračunati kao razlika između koncentracije ukupnih proteina i albumina), aktivnost glutathion peroksidaze (GPx), super oksid dismutaze (SOD) i katalaze);

μ = intercept;

b_1, b_2 = regresijski koeficijent;

d_i = dob praseta ($i = 28 - 75$ dana);

T_j = fiksni utjecaj tretmana j ($j = K, P1, P2, P3$);

S_k = fiksni utjecaj spola praseta k ($k =$ muško, žensko);

e_{ijkl} = pogreška.

Signifikantnost razlika u procijenjenim vrijednostima analiziranih svojstava uslijed utjecaja tretmana zasebno po rednom broju mjerenja testirana je Scheffeovom metodom multiple komparacije uporabom PROC GLM procedure u SAS-u (SAS Institute Inc., 2019).

Za procjenu značajnosti utjecaja različitih tretmana hranidbe (K, P1, P2, i P3) na varijabilnost boja tkiva L^* , a^* , b^* korišten je sljedeći statistički model:

$$y_{ijk} = \mu + b_1 d_i + b_2 d_i^2 + T_j + e_{ijk}$$

gdje je:

y_{ijk} = procijenjeno svojstvo (boja tkiva L^* , a^* , b^*);

μ = intercept;

b_1 , b_2 = regresijski koeficijent;

d_i = dob praseta ($i = 28 - 75$ dana);

T_j = fiksni utjecaj tretmana j ($j = K, P1, P2, P3$);

e_{ijk} = pogreška.

Signifikantnost razlika u procijenjenim vrijednostima analiziranih svojstava uslijed utjecaja tretmana zasebno po rednom broju mjerenja testirana je Scheffeovom metodom multiple komparacije uporabom PROC GLM procedure u SAS-u (SAS Institute Inc., 2019).

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

5.1. Proizvodni pokazatelji

Pod proizvodnim pokazateljima prvenstveno govorimo o ukupnom prirastu prasadi, zatim prosječnim vrijednostima tjelesnih masa prasadi mjerenih tri puta tijekom istraživanja te o iskorištenosti hrane za kilogram prirasta (konverzija). Prosječni dnevni prirasti, kao jedan od najvažnijih pokazatelja rasta životinja, izračunati su na osnovu vrijednosti izmjerenih tjelesnih masa na početku istraživanja, na sredini i na kraju. Efikasnost iskorištavanja hrane izražena je kroz konverziju hrane koja je dobivena računskim putem na način da je u odnos stavljena količina konzumirane hrane i vrijednosti ostvarenog prirasta praćene po razdobljima. Sve vrijednosti praćenih proizvodnih pokazatelja prikazane su u obliku tablica i grafikona.

5.1.1. Tjelesne mase

U cilju praćenja porasta i razvijenosti prasadi, tijekom istraživanja provedena su tri kontrolna vaganja svih 200 prasadi u pokusu. Svako prase bilo je izvagano neposredno poslije zalučenja kako bi se utvrdila početna masa u istraživanju. Prvo kontrolno vaganje odrađeno je 22. dan hranidbenog pokusa, a drugo 45. dan u pokusu, tj. na kraju istraživanja. Ukupni i prosječni dnevni prirast izračunati su temeljem izmjerenih tjelesnih masa. Prasad je vagana individualno na automatskoj stočnoj vagi maksimalne nosivosti 250 kg.

U tablici 5 prikazani su osnovni statistički pokazatelji tjelesnih masa po skupinama. Iz tablice je vidljivo da je prasad tijekom cijelog razdoblja istraživanja imala ujednačene tjelesne mase koje su bile u granicama preporučenih vrijednosti za PIC hibrid tijekom zalučenja s 28 dana starosti i kroz razdoblje odgoja u trajanju od 45 dana. U vrijeme prvog kontrolnog vaganja (22. dan) prasad P3 skupine koja je dobivala obrok s dodatkom selena iz biofortificiranih krmiva imala je nešto više prosječne tjelesne mase (12,54 kg) u odnosu na prasad drugih skupina, no te razlike nisu bile statistički značajne. Na kraju istraživanja najveću prosječnu tjelesnu masu imala je prasad kontrolne skupine (21,57 kg), no razlike između skupina nisu bile statistički značajne.

Tablica 5. Osnovni statistički pokazatelji tjelesnih masa prasadi po skupinama

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	0. dan	6,45	0,37	0,14	6,00	7,19
	22. dan	11,85	1,07	1,14	9,88	16,28
	45. dan	21,57	2,68	7,00	13,52	24,98
P1	0. dan	6,40	0,39	0,16	6,00	7,00
	22. dan	11,73	1,30	1,68	8,30	14,00
	45. dan	20,50	2,81	7,88	14,00	24,26
P2	0. dan	6,60	0,39	0,16	6,00	7,00
	22. dan	12,54	2,95	8,71	10,14	20,20
	45. dan	21,53	5,14	26,40	17,40	35,00
P3	0. dan	6,40	0,32	0,10	6,00	7,00
	22. dan	12,06	1,50	2,26	9,92	14,22
	45. dan	21,38	3,30	10,87	15,68	26,54

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum;

Uzmemo li u obzir spol prasadi, postoje određene razlike između muških i ženskih jedinki koje su prikazane u tablicama 6 i 7. Najveću prosječnu tjelesnu masu na početku istraživanja imala je muška prasad prve pokusne skupine (P1), a ona je iznosila 6,50 kg, a najnižu prosječnu tjelesnu masu na početku istraživanja imala je prasad kontrolne skupine (6,30 kg). no utvrđene razlike nisu bile statistički značajne. Prosječna vrijednost početnih tjelesnih masa u istraživanju kod muške prasadi u svim pokusnim skupinama kretala su se unutar 30 grama.

Kod muške prasadi (tablica 6) tijekom prvog kontrolnog vaganja (22. dan) prasad druge pokusne skupine (P2) koja je dobivala obrok s biofortificiranim žitaricama imala je statistički značajno veću ($P < 0.05$) prosječnu tjelesnu masu (12,60 kg) u odnosu na prasad kontrolne skupine (K) koja je težila 11,31 kg. Također, na kraju istraživanih razdoblja muška prasad druge i treće pokusne skupine (21,51 kg) te muška prasad kontrolne skupine (21,49) imala je statistički značajno veću ($P < 0.05$) tjelesnu masu u odnosu na prasad prve pokusne skupine koja je u obroku dobivala organski selen (19,58 kg). Između ostalih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike u tjelesnim masama između muške prasadi.

Tablica 6. Osnovni statistički pokazatelji tjelesnih masa muške prasadi

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	0. dan	6,30	0,27	0,08	6,00	6,50
	22. dan	11,31	1,16	1,34	9,88	12,68
	45. dan	21,49*	1,88	3,53	18,76	23,46
P1	0. dan	6,50	0,35	0,13	6,00	7,00
	22. dan	11,29	1,77	3,14	8,30	12,72
	45. dan	19,58*	3,23	10,42	14,00	21,98
P2	0. dan	6,40	0,42	0,18	6,00	7,00
	22. dan	12,60*	4,27	18,24	10,14	20,20
	45. dan	21,51*	7,56	57,10	17,40	35,00
P3	0. dan	6,40	0,22	0,05	6,00	6,50
	22. dan	12,61*	1,83	3,35	9,92	14,22
	45. dan	21,51 ^B	4,10	16,79	15,68	26,54

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; * = $P < 0.05$;

Kod ženske prasadi (tablica 7) također je tijekom cjelokupnog razdoblja istraživanja utvrđena ujednačenost u tjelesnim masama, kako završnim tako i tijekom kontrolnih mjerenja. Najveću prosječnu tjelesnu masu na početku istraživanja imala je ženska prasad druge pokusne skupine (P2), a ona je iznosila 6,80 kg. Najveća razlika utvrđena je između P2 i P1 skupine, no utvrđene razlike nisu bile statistički značajne. Prosječna vrijednost početnih tjelesnih masa u istraživanju kod ženske prasadi u svim pokusnim skupinama kretala se unutar 40 grama. Kod prvog kontrolnog vaganja (22. dan) najviša tjelesna masa kod ženske prasadi utvrđena je u skupini koja je dobivala hranu od biofortificiranog krmiva (P2) i iznosila je 12, 49 kg, najniža tjelesna masa utvrđena je kod skupine koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) i iznosila je 11,51 kg, što je bilo na razini statističke značajnosti ($P < 0.05$). Vrijednosti izmjerene 22. dan kod kontrolne (K) i prve pokusne skupine (P1) bile su više (12,38 kg za K skupinu i 12,17 kg za P1 skupinu) u odnosu na treću pokusnu skupinu, ali utvrđene razlike nisu bile na razini statističke značajnosti. Prosječna vrijednost tjelesnih masa kod prvog kontrolnog vaganja u istraživanju kod ženske prasadi u svim pokusnim skupinama kretala se unutar 1.000 grama.

Na završetku istraživanja, kod trećeg kontrolnog vaganja s 45 dana provedenih u pokusu, najveću prosječnu tjelesnu masu imala je ženska prasad kontrolne skupine (K) i ona je iznosila 21.65 kg, a najmanju izmjerenu prosječnu vrijednost imala je ženska prasad treće pokusne skupine (P3) koja je dobivala obrok s nano selenom i iznosila je 21, 25 kg.

Tablica 7. Osnovni statistički pokazatelji tjelesnih masa ženske prasadi

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	0. dan	6,60	0,42	0,18	6,00	7,00
	22. dan	12,38	0,71	0,50	11,60	13,52
	45. dan	21,65	3,55	12,63	16,28	24,98
P1	0. dan	6,30	0,45	0,20	6,00	7,00
	22. dan	12,17	0,39	0,15	11,54	12,54
	45. dan	21,42	2,28	5,21	18,72	24,26
P2	0. dan	6,80	0,27	0,08	6,50	7,00
	22. dan	12,49*	1,16	1,36	10,98	13,98
	45. dan	21,54	1,52	2,30	20,10	23,80
P3	0. dan	6,40	0,42	0,18	6,00	7,00
	22. dan	11,51	0,99	0,98	10,68	12,72
	45. dan	21,25	2,76	7,63	18,68	24,56

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; * = $P < 0.05$;

Razliku između svih istraživanih skupina u pogledu prosječnih tjelesnih masa ženske prasadi na kraju istraživanja (45. dan) nisu bile u okvirima statističkih značajnosti. Prosječna vrijednost tjelesnih masa kod drugog kontrolnog vaganja u istraživanju kod ženske prasadi u svim pokusnim skupinama kretala se unutar 600 grama.

Tablica 8. Koeficijenti korelacije između izmjerenih tjelesnih mjera tijekom cjelokupnog istraživanja

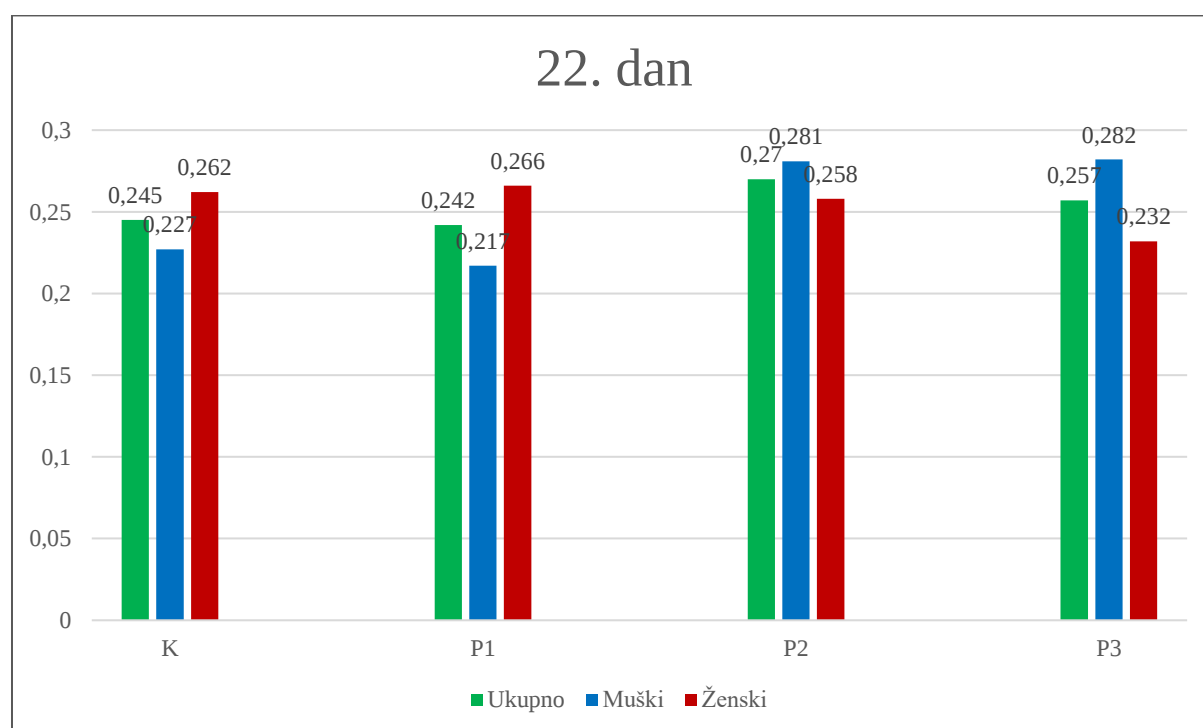
	m0	m22	m45
m0	1.00000	0.31997 0.0038	0.28935 0.0092
m22		1.00000	0.75784 <.0001
m45			1.00000

m0 = mjerenje 0. dan; m22 = mjerenje 22. dan; m45 = mjerenje 45. dan

Pearsonova analiza korelacije pokazala je jaku pozitivnu korelaciju između tjelesnih masa ($r(200) = 0,7508$, $p < 0,0001$) izmjerenih 22. i 45. dana istraživanja, dok je između tjelesnih masa utvrđenih 0. i 22. dana ($r(200) = 0,3199$, $p < 0,0038$) te 0. i 45. dana ($r(200) = 0,2893$, $p < 0,0092$) utvrđena vrlo slaba korelacija.

5.1.2. Prosječni dnevni prirasti

Vrijednosti prirasta tjelesne mase (u kg/dan) utvrđene su mjerenjem tjelesnih masa kroz vremensko razdoblje. Utvrđene vrijednosti prosječnih dnevnih prirasta po skupinama ukupno i po spolu bile su u granicama koje su referentne za prasid PIC hibrida tijekom razdoblja odgoja. U grafikonu 1 prikazane su vrijednosti prosječnih dnevnih prirasta po skupinama ukupno i po spolu 22. dan trajanja pokusa.

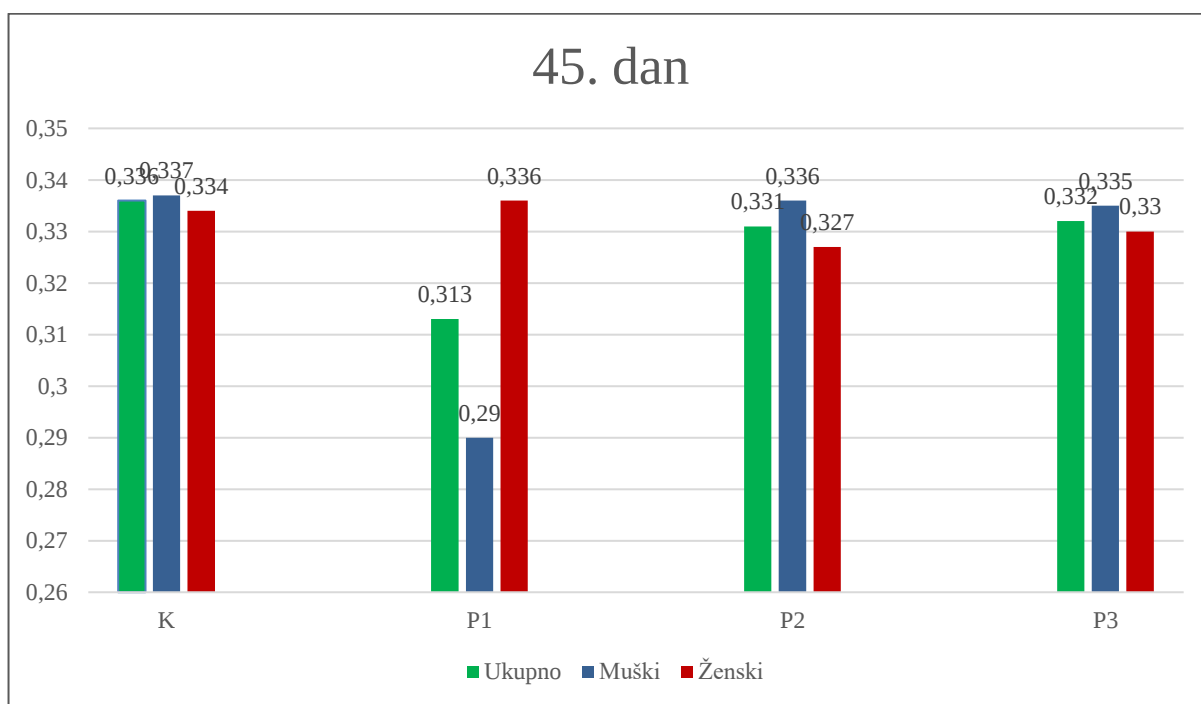


Grafikon 1. Utrošak hrane za kg prirasta (g/kg) u prvom razdoblju istraživanja

Prasid druge pokusne skupine (P2), koja je u obrocima dobivala selen iz biofortificiranih krmiva imala je najvišu vrijednost prosječnog dnevnog prirasta (0,270 kg/dan) dok je kod prasidi

koja je dobivala organski selen (P1) utvrđena najniža vrijednost prosječnog dnevnog prirasta (0,242 kg/dan). Utvrđene razlike nisu bile na razini statističke značajnosti. Kod muške prasadi utvrđene vrijednosti prosječnih dnevnih prirasta kretale su se od 0,217 kg/dan (P1 skupina) do 0,282 kg/dan (P3 skupina) što predstavlja razinu statističke značajnosti od $P < 0.05$. Kod ženske prasadi, u prvom razdoblju istraživanja, najveću vrijednost prosječnog dnevnog prirasta imala je prasad treće pokusne skupine (P3) u iznosu od 0,282 kg/dan dok je ženska prasad kontrolne skupine (K) imala najnižu utvrđenu vrijednost prosječnih dnevnih prirasta u iznosu od 0,262 kg/dan. Razlike između utvrđenih vrijednosti prosječnih dnevnih prirasta kod ženske prasadi svih skupina u prvom dijelu istraživanja nisu bile statistički značajne.

U grafikonu 2 prikazane su vrijednosti prosječnih dnevnih prirasta po skupinama ukupno i po spolu 45. dan trajanja pokusa.



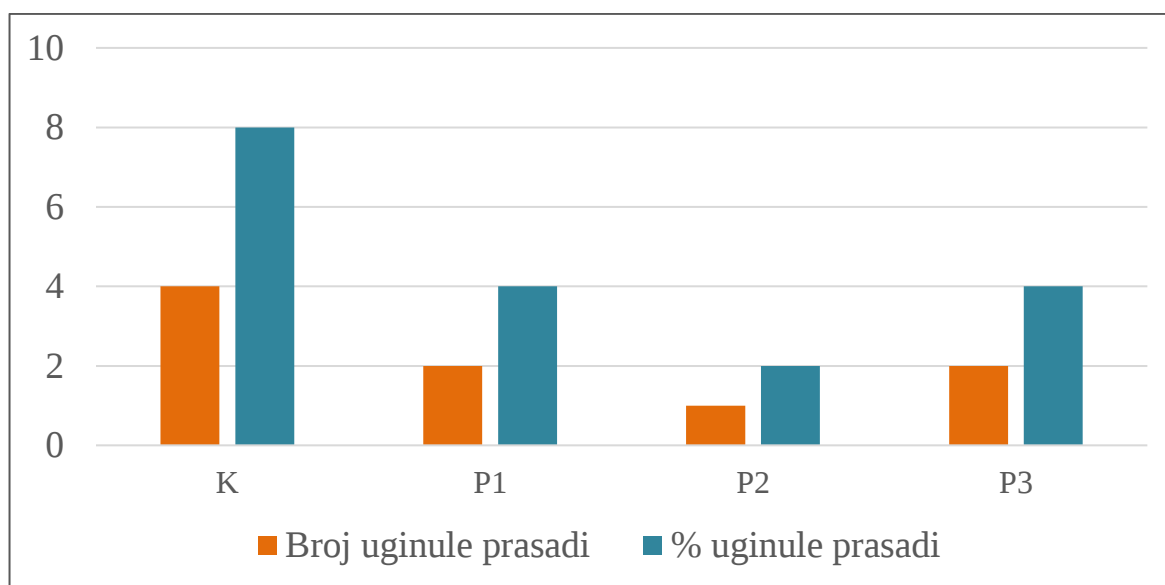
Grafikon 2. Utrošak hrane za kg prirasta (g/kg) u drugom razdoblju istraživanja

Prasad kontrolne skupine, koja je dobivala standardnu krmnu smjesu, imala je najvišu vrijednost prosječnog dnevnog prirasta (0,336 kg/dan) dok je kod prasadi koja je dobivala organski selen (P1) utvrđena najniža vrijednost prosječnog dnevnog prirasta (0,313 kg/dan). Utvrđene razlike nisu bile na razini statističke značajnosti. Kod muške prasadi utvrđene vrijednosti prosječnih dnevnih prirasta kretale su se od 0,290 kg/dan (P1 skupina) do 0,337 kg/dan

(K skupina) i između ovih vrijednosti nisu utvrđene statistički značajne razlike. Kod ženske prasadi, tijekom razdoblja istraživanja od 45 dana, najveću vrijednost prosječnog dnevnog prirasta imala je prasad prve pokusne skupine (P1) u iznosu od 0,336 kg/dan dok je ženska prasad koja je dobivala obrok od biofortificiranih krmiva (P2) imala najnižu utvrđenu vrijednost prosječnih dnevnih prirasta u iznosu od 0,327 kg/dan. Razlike između utvrđenih vrijednosti prosječnih dnevnih prirasta kod ženske prasadi svih skupina tijekom cijelog razdoblja istraživanja nisu bile statistički značajne.

5.1.3. Zdravstveni status prasadi

Tijekom provedenog istraživanja nad prasadi provedena je propisana terapija cijepljenjem prema standardnoj proceduri na farmi. Tijekom razdoblja istraživanja nisu utvrđena stanja koja bi narušila zdravlje prasadi (upala pluća, proljev). Ukupno je uginulo 9 prasadi tijekom cijelog razdoblja istraživanja, a najviše uginulih (8%) utvrđeno je kod prasadi kontrolne skupine dok je najmanje uginule prasadi (2%) utvrđeno kod skupine koja je dobivala obrok od biofortificiranih krmiva (P2).



Grafikon 3. Uginuća prasadi tijekom istraživanja

5.2. Hematološki pokazatelji

Hematološki pokazatelji krvi prasadi prikazani su u tablicama koje slijede. Praćeni su sljedeći pokazatelji: broj leukocita, broj eritrocita, koncentracija hemoglobina, hematokrit, MCV (prosječni volumen eritrocita), MCH (prosječna količina hemoglobina u eritrocitima), MCHC (prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima) i trombociti (PLT).

U tablici 9 prikazane su prosječne hematološke vrijednosti broja leukocita, broja eritrocita, koncentracije hemoglobina i hematokrita kod prasadi u pokusu izmjerene u krvi na početku pokusa (0. dan). Vrijednost ukupnog broja leukocita iznosila je $16,43 \times 10^9/L$ za kontrolnu skupinu prasadi, $14,74 \times 10^9/L$ za prvu pokusnu skupinu (P1), $13,40 \times 10^9/L$ za drugu pokusnu skupinu i $16,90 \times 10^9/L$ za skupinu koja je u obrocima dobivala nano selen (P3). Statistički značajne razlike ($P < 0.05$) utvrđene su između K i P3 skupine u odnosu na P1 i P2 skupinu.

Tablica 9. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 0. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	WBC, $\times 10^9/L$	16,43 ^A	3,40	11,59	12,20	22,40
	RBC, $\times 10^{12}/L$	5,56	0,21	0,04	5,06	5,80
	HGB, g/L	116,20	4,47	19,96	110,00	123,00
	HTC, L/L	0,37	0,01	0,02	0,36	0,39
P1	WBC, $\times 10^9/L$	14,74	3,59	12,91	10,90	22,20
	RBC, $\times 10^{12}/L$	5,55	0,64	0,41	4,33	6,29
	HGB, g/L	118,30	10,37	107,57	104,00	138,00
	HTC, L/L	0,38	0,04	0,00	0,33	0,44
P2	WBC, $\times 10^9/L$	13,40	3,68	13,57	9,00	21,90
	RBC, $\times 10^{12}/L$	5,70	0,53	0,28	4,65	6,38
	HGB, g/L	117,20	11,61	134,84	92,00	134,00
	HTC, L/L	0,38	0,03	0,01	0,31	0,42
P3	WBC, $\times 10^9/L$	16,90*	3,73	13,88	10,50	23,80
	RBC, $\times 10^{12}/L$	5,43	0,62	0,38	4,49	6,45
	HGB, g/L	111,90	8,72	76,10	97,00	127,00
	HTC, L/L	0,37	0,03	0,00	0,32	0,43

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; WBC = leukociti, RBC = eritrociti, HGB = hemoglobin, HTC = hematokrit; * = $P < 0.05$;

Vrijednost ukupnog broja eritrocita iznosila je $5,56 \times 10^{12}/L$ za kontrolnu skupinu, $5,55 \times 10^{12}/L$ za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, $5,70 \times 10^{12}/L$ za drugu

pokusnu skupinu (P2) te $5,43 \times 10^{12}/L$ za skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti ukupnog broja eritrocita nisu utvrđene statistički značajne razlike između skupina.

Prosječna vrijednost koncentracije hemoglobina za kontrolnu skupinu bila je 116,20 g/L, za P1 skupinu 118,30 g/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost koncentracije hemoglobina iznosila je 117,20 g/L, a najniža vrijednost koncentracije hemoglobina na početku istraživanja utvrđena je za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (111,90 g/L). Nisu utvrđene statistički značajne razlike u koncentraciji hemoglobina 0. dan provedbe pokusa u krvi prasadi svih skupina koje su korištene u istraživanju.

Prosječna vrijednost hematokrita bila je između 0,37 i 0,38 L/L za sve ispitivane skupine 0. dana istraživanja, što znači da nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednostima hematokrita.

U tablici 10 prikazane su prosječne hematološke vrijednosti broja leukocita, broja eritrocita, koncentracije hemoglobina i hematokrita kod prasadi u pokusu izmjerene u krvi na sredini pokusa (22. dan). Vrijednost ukupnog broja leukocita iznosila je $23,80 \times 10^9/L$ za kontrolnu skupinu prasadi, $20,53 \times 10^9/L$ za prvu pokusnu skupinu (P1), $22,58 \times 10^9/L$ za drugu pokusnu skupinu i $23,60 \times 10^9/L$ za skupinu koja je u obrocima dobivala nano selen (P3). Između dobivenih vrijednosti ukupnog broja leukocita nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi.

Vrijednost ukupnog broja eritrocita iznosila je $5,82 \times 10^{12}/L$ za kontrolnu skupinu, $5,69 \times 10^{12}/L$ za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, $5,77 \times 10^{12}/L$ za drugu pokusnu skupinu (P2) te $5,94 \times 10^{12}/L$ za skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti ukupnog broja eritrocita nisu utvrđene statistički značajne razlike između skupina.

Prosječna vrijednost koncentracije hemoglobina za kontrolnu skupinu bila je 101,89 g/L, za P1 skupinu 100,80 g/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost koncentracije hemoglobina iznosila je 103,90 g/L, a vrijednost koncentracije hemoglobina na sredini istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 103,40 g/L. Između dobivenih vrijednosti koncentracije hemoglobina u krvi prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina 22. dan provedbe istraživanja.

Tablica 10. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 22. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	WBC, $\times 10^9/L$	23,80	4,77	22,75	14,90	29,50
	RBC, $\times 10^{12}/L$	5,82	0,45	0,20	5,02	6,69
	HGB, g/L	101,89	5,18	26,86	96,00	114,00
	HTC, L/L	0,35	0,02	0,00	0,33	0,40
P1	WBC, $\times 10^9/L$	20,53	5,29	27,95	13,90	28,00
	RBC, $\times 10^{12}/L$	5,69	0,43	0,19	5,18	6,51
	HGB, g/L	100,80	8,01	64,18	92,00	113,00
	HTC, L/L	0,35	0,02	0,00	0,32	0,38
P2	WBC, $\times 10^9/L$	22,58	5,88	34,61	13,60	32,40
	RBC, $\times 10^{12}/L$	5,77	0,33	0,11	5,22	6,38
	HGB, g/L	103,90	9,15	83,66	94,00	123,00
	HTC, L/L	0,35	0,03	0,00	0,32	0,41
P3	WBC, $\times 10^9/L$	23,60	3,66	13,43	16,80	29,60
	RBC, $\times 10^{12}/L$	5,94	0,38	0,15	5,13	6,46
	HGB, g/L	103,40	5,76	33,16	93,00	112,00
	HTC, L/L	0,36	0,02	0,00	0,32	0,39

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; WBC = leukociti, RBC = eritrociti, HGB = hemoglobin, HTC = hematokrit;

Prosječna vrijednost hematokrita bila je između 0,35 i 0,36 L/L za sve ispitivane skupine 22. dana istraživanja, što znači da nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednostima hematokrita.

U tablici 11 prikazane su prosječne hematološke vrijednosti broja leukocita, broja eritrocita, koncentracije hemoglobina i hematokrita kod prasadi u pokusu izmjerene u krvi na kraju pokusa (45. dan). Vrijednost ukupnog broja leukocita iznosila je $20,13 \times 10^9/L$ za kontrolnu skupinu prasadi, $19,54 \times 10^9/L$ za prvu pokusnu skupinu (P1), $22,54 \times 10^9/L$ za drugu pokusnu skupinu, a najniža vrijednosti od $16,92 \times 10^9/L$ utvrđena je za skupinu koja je u obrocima dobivala nano selen (P3). Između dobivenih vrijednosti P1 i P3 skupine utvrđene su statistički značajne razlike ($P < 0.05$) u vrijednosti ukupnog broja leukocita na kraju istraživanja.

Vrijednost ukupnog broja eritrocita iznosila je $6,03 \times 10^{12}/L$ za kontrolnu skupinu, $5,82 \times 10^{12}/L$ za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, $6,34 \times 10^{12}/L$ za drugu pokusnu skupinu (P2) te $5,98 \times 10^{12}/L$ za skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti ukupnog broja eritrocita nisu utvrđene statistički značajne razlike između skupina.

Prosječna vrijednost koncentracije hemoglobina za kontrolnu skupinu bila je 106,90 g/L, za P1 skupinu 100,30 g/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost koncentracije hemoglobina iznosila je 110,70 g/L, a vrijednost koncentracije hemoglobina na sredini istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 102,30 g/L. Između skupine koja je dobivala obrok od biofortificiranih krmiva i skupine koja je imala organski izvor selena u obroku utvrđene su statistički značajne razlike ($P < 0.05$) u vrijednosti koncentracije hemoglobina u krvi prasadi ispitivanih skupina 45. dan provedbe istraživanja.

Tablica 11. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 45. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	WBC, x 10⁹/L	20,13	6,14	37,65	11,80	30,30
	RBC, x 10¹²/L	6,03	0,72	0,52	5,10	7,72
	HGB, g/L	106,90	16,99	288,54	88,00	142,00
	HTC, L/L	0,37	0,05	0,01	0,32	0,46
P1	WBC, x 10⁹/L	19,54	5,07	25,74	11,30	27,90
	RBC, x 10¹²/L	5,82	0,27	0,07	5,29	6,24
	HGB, g/L	100,30	5,12	26,23	92,00	111,00
	HTC, L/L	0,35	0,01	0,00	0,33	0,37
P2	WBC, x 10⁹/L	22,54*	3,83	14,64	17,10	27,60
	RBC, x 10¹²/L	6,34	0,39	0,15	5,63	7,04
	HGB, g/L	110,70	10,19	103,79	99,00	129,00
	HTC, L/L	0,38	0,03	0,00	0,34	0,43
P3	WBC, x 10⁹/L	16,92	3,80	14,48	12,00	22,30
	RBC, x 10¹²/L	5,98	0,43	0,18	5,37	6,64
	HGB, g/L	102,30	8,03	64,46	88,00	111,00
	HTC, L/L	0,36	0,03	0,00	0,32	0,39

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; WBC = leukociti, RBC = eritrociti, HGB = hemoglobin, HTC = hematokrit; * = $P < 0.05$;

Prosječna vrijednost hematokrita bila je između 0,35 i 0,37 L/L za sve ispitivane skupine 45. dana istraživanja, što znači da nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednostima hematokrita.

U tablici 12 prikazane su prosječne hematološke vrijednosti MCV (prosječni volumen eritrocita), MCH (prosječna količina hemoglobina u eritrocitima), MCHC (prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima) i trombocita (PLT) u krvi prasadi na početku istraživanja (0. dan).

Tablica 12. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 0. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	MCV, fL	66,89	2,53	6,41	63,40	71,50
	MCH, pg	20,93	0,97	0,94	19,40	22,50
	MCHC, g/L	312,50	6,45	41,61	304,00	325,00
	PLT, x 10⁹/L	422,20	129,58	167,91	257,00	638,00
P1	MCV, fL	66,34	2,76	7,64	60,70	71,50
	MCH, pg	20,57	1,01	1,02	19,20	22,40
	MCHC, g/L	310,20	9,02	81,29	297,00	319,00
	PLT, x 10⁹/L	516,60	84,38	711,38	383,00	674,00
P2	MCV, fL	68,32	4,00	15,98	63,90	76,70
	MCH, pg	21,43	1,90	3,60	20,00	26,10
	MCHC, g/L	313,20	10,40	108,18	304,00	340,00
	PLT, x 10⁹/L	427,60	187,34	350,27	223,00	788,00
P3	MCV, fL	67,99	3,12	9,75	64,60	73,10
	MCH, pg	20,71	1,46	2,14	18,90	23,10
	MCHC, g/L	304,40	9,22	84,93	292,00	319,00
	PLT, x 10⁹/L	550,90*	159,87	255,99	284,00	846,00

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; MCV = prosječni volumen eritrocita, MCH = prosječna količina hemoglobina u eritrocitima, MCHC = prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima; PLT = trombociti; * = P<0.05;

Prosječna vrijednost MCV za kontrolnu skupinu bila je 66,89 fL, za P1 skupinu 66,34 fL, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCV iznosila je 68,32 fL, a vrijednost koncentracije MCV na početku istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 67,99 fL. Između ispitivanih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednosti MCV u krvi prasadi ispitivanih skupina 0. dan provedbe istraživanja.

Vrijednost MCH iznosila je 20,53 pg za kontrolnu skupinu, 20,57 pg za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, 21,43 pg za drugu pokusnu skupinu (P2) te 20,71 pg za

skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti MCH nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi.

Prosječna vrijednost MCHC za kontrolnu skupinu bila je 312,50 g/L, za P1 skupinu 310,20 g/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCHC iznosila je 313,20 g/L, a vrijednost MCHC na početku istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 304,40 g/L. Između dobivenih vrijednosti MCHC nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi na početku istraživanja.

Prosječna vrijednost PLT (trombocita) za kontrolnu skupinu (K) bila je $422,20 \times 10^9/L$, za P1 skupinu $516,60 \times 10^9/L$, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost PLT iznosila je $427,60 \times 10^9/L$, a vrijednost trombocita na početku istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je $550,90 \times 10^9/L$. Između pokusne skupine koja je dobivala organski selen (P1) i skupine koja je dobivala nano selen u obroku (P3) utvrđene su statistički značajne razlike ($P < 0.05$) u vrijednosti trombocita u krvi prasadi ispitivanih skupina 0. dan provedbe istraživanja.

U tablici 13 prikazane su prosječne hematološke vrijednosti MCV (prosječni volumen eritrocita), MCH (prosječna količina hemoglobina u eritrocitima), MCHC (prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima) i trombocita (PLT) u krvi prasadi na sredini istraživanja (22. dan).

Prosječna vrijednost MCV za kontrolnu skupinu bila je 60,37 fL, za P1 skupinu 61,05 fL, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCV iznosila je 61,20 fL, a vrijednost koncentracije MCV na sredini istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 60,57 fL. Između ispitivanih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednosti MCV u krvi prasadi ispitivanih skupina 22. dan provedbe istraživanja.

Vrijednost MCH iznosila je 17,54 pg za kontrolnu skupinu, 17,71 pg za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, 17,98 pg za drugu pokusnu skupinu (P2) te 17,42 pg za skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti MCH nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi 22. dan istraživanja.

Prosječna vrijednost MCHC za kontrolnu skupinu bila je 290,89 g/L, za P1 skupinu 290,50 g/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCHC iznosila je 294,20 g/L, a vrijednost MCHC na sredini istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u

obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 288,30 g/L. Između dobivenih vrijednosti MCHC nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi 22. dan istraživanja.

Tablica 13. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 22. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	MCV, fL	60,37	2,22	4,94	57,60	65,30
	MCH, pg	17,54	0,69	0,47	16,60	19,10
	MCHC, g/L	290,89	3,86	14,86	258,00	298,00
	PLT, x 10⁹/L	461,11	74,02	547,91	361,00	542,00
P1	MCV, fL	61,05	1,59	2,53	58,20	63,50
	MCH, pg	17,71	0,70	0,49	16,70	18,90
	MCHC, g/L	290,50	7,01	49,17	280,00	303,00
	PLT, x 10⁹/L	494,50	95,52	912,17	296,00	636,00
P2	MCV, fL	61,20	2,93	8,60	57,80	68,00
	MCH, pg	17,98	1,22	1,50	16,80	20,60
	MCHC, g/L	294,20	8,36	69,96	285,00	313,00
	PLT, x 10⁹/L	509,40	140,71	197,27	340,00	822,00
P3	MCV, fL	60,51	1,91	3,64	57,10	63,30
	MCH, pg	17,42	0,58	0,34	16,30	18,10
	MCHC, g/L	288,30	5,46	29,79	279,00	300,00
	PLT, x 10⁹/L	562,20*	117,58	138,84	341,00	713,00

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; MCV = prosječni volumen eritrocita, MCH = prosječna količina hemoglobina u eritrocitima, MCHC = prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima; PLT = trombociti; A,B = statističke razlike; * = P<0.05;

Prosječna vrijednost PLT (trombocita) za kontrolnu skupinu (K) bila je 461,11 x 10⁹/L, za P1 skupinu 494,50 x 10⁹/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost PLT iznosila je 509,40 x 10⁹/L, a vrijednost trombocita 22. dan od početka istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 562,20 x 10⁹/L. Između kontrolne skupine koja je dobivala konvencionalni obrok (K) i skupine koja je dobivala nano selen u obroku (P3) utvrđene su statistički značajne razlike (P<0.05) u vrijednosti trombocita u krvi prasadi ispitivanih skupina 22. dan provedbe istraživanja.

U tablici 14 prikazane su prosječne hematološke vrijednosti MCV (prosječni volumen eritrocita), MCH (prosječna količina hemoglobina u eritrocitima), MCHC (prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima) i trombocita (PLT) u krvi prasadi na kraju istraživanja (45. dan).

Tablica 14. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 45. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	MCV, fL	61,57	4,02	16,14	57,40	71,20
	MCH, pg	17,70	1,41	1,98	16,40	21,20
	MCHC, g/L	287,00	9,53	90,89	279,00	308,00
	PLT, x 10⁹/L	433,90	108,13	116,54	257,00	564,00
P1	MCV, fL	60,64	2,66	7,07	56,70	63,60
	MCH, pg	17,29	0,91	0,83	15,80	18,70
	MCHC, g/L	284,70	7,78	60,46	270,00	300,00
	PLT, x 10⁹/L	391,40	53,29	283,60	334,00	482,00
P2	MCV, fL	59,84	3,67	13,49	53,40	66,40
	MCH, pg	17,47	1,21	1,46	15,50	19,70
	MCHC, g/L	291,50	6,17	38,06	283,00	302,00
	PLT, x 10⁹/L	475,60	183,83	337,71	170,00	781,00
P3	MCV, fL	59,61	2,23	4,97	56,10	63,10
	MCH, pg	17,12	0,86	0,74	15,60	18,60
	MCHC, g/L	286,90	6,10	37,21	278,00	299,00
	PLT, x 10⁹/L	527,50*	160,62	257,83	334,00	830,00

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; MCV = prosječni volumen eritrocita, MCH = prosječna količina hemoglobina u eritrocitima, MCHC = prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima; PLT = trombociti; * = P<0.05;

Prosječna vrijednost MCV za kontrolnu skupinu bila je 61,57 fL, za P1 skupinu 60,64 fL, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCV iznosila je 59,84 fL, a vrijednost koncentracije MCV na završetku istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 59,61 fL. Između ispitivanih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednosti MCV u krvi prasadi ispitivanih skupina 45. dan provedbe istraživanja.

Vrijednost MCH iznosila je 17,70 pg za kontrolnu skupinu, 17,29 pg za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, 17,47 pg za drugu pokusnu skupinu (P2) te 17,12 pg za skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti MCH nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi 45. dan istraživanja.

Prosječna vrijednost MCHC za kontrolnu skupinu bila je 287,00 g/L, za P1 skupinu 284,70 g/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCHC iznosila je 291,50 g/L, a vrijednost MCHC na završetku istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je

u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 286,90 g/L. Između dobivenih vrijednosti MCHC nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi 45. dan istraživanja.

Prosječna vrijednost PLT (trombocita) za kontrolnu skupinu bila je $433,90 \times 10^9/L$, za P1 skupinu $391,40 \times 10^9/L$, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost PLT iznosila je $475,60 \times 10^9/L$, a vrijednost trombocita 45. dan od početka istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je $527,50 \times 10^9/L$. Između pokusne skupine koja je dobivala organski selen (P1) i skupine koja je dobivala nano selen u obroku (P3) utvrđene su statistički visoko značajne razlike ($P < 0.01$) u vrijednosti trombocita u krvi prasadi ispitivanih skupina 45. dan provedbe istraživanja.

Raščlamba utvrđenih hematoloških pokazatelja u krvi ispitivane prasadi prema spolu prikazana je u sljedećim tablicama.

U tablici 15 prikazane su prosječne hematološke vrijednosti broja leukocita, broja eritrocita, koncentracije hemoglobina, hematokrita, MCV (prosječni volumen eritrocita), MCH (prosječna količina hemoglobina u eritrocitima), MCHC (prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima) i trombocita (PLT) kod muške prasadi u pokusu izmjerene u krvi na početku pokusa (0. dan).

Vrijednost ukupnog broja leukocita iznosila je $17,88 \times 10^9/L$ za kontrolnu skupinu prasadi, $12,68 \times 10^9/L$ za prvu pokusnu skupinu (P1), $16,04 \times 10^9/L$ za drugu pokusnu skupinu i $17,04 \times 10^9/L$ za skupinu koja je u obrocima dobivala nano selen (P3). Statistički značajne razlike ($P < 0.05$) utvrđene su za vrijednosti ukupnog broja leukocita između K i P1 skupine.

Vrijednost ukupnog broja eritrocita iznosila je $5,66 \times 10^{12}/L$ za kontrolnu skupinu, $5,95 \times 10^{12}/L$ za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, $5,32 \times 10^{12}/L$ za drugu pokusnu skupinu (P2) te $5,29 \times 10^{12}/L$ za skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti ukupnog broja eritrocita nisu utvrđene statistički značajne razlike između skupina.

Prosječna vrijednost koncentracije hemoglobina za kontrolnu skupinu bila je 117,60 g/L, za P1 skupinu 120,60 g/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost koncentracije hemoglobina iznosila je 116,40 g/L, a najniža vrijednost koncentracije hemoglobina na početku istraživanja utvrđena je za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (106,60 g/L). Nisu utvrđene statistički značajne razlike u koncentraciji hemoglobina 0. dan provedbe pokusa u krvi muške prasadi svih skupina koje su korištene u istraživanju.

Tablica 15. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti muške prasadi 0. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	WBC, x 10⁹/L	17,88*	2,92	8,53	15,30	22,40
	RBC, x 10¹²/L	5,66	0,15	0,02	5,42	5,80
	HGB, g/L	117,60	5,50	30,30	110,00	123,00
	HTC, L/L	0,37	0,01	0,00	0,36	0,39
	MCV, fL	65,84	2,36	5,55	63,40	68,70
	MCH, pg	20,78	1,02	1,03	19,40	21,70
	MCHC, g/L	315,20	7,46	55,70	304,00	352,00
	PLT, x 10⁹/L	462,00*	152,35	23,50	257,00	638,00
P1	WBC, x 10⁹/L	12,68	3,19	10,19	9,00	17,70
	RBC, x 10¹²/L	5,95	0,40	0,16	5,35	6,38
	HGB, g/L	120,60	10,11	102,30	110,00	134,00
	HTC, L/L	0,39	0,03	0,00	0,35	0,42
	MCV, fL	65,20	2,93	8,61	60,70	68,10
	MCH, pg	20,28	1,04	1,09	19,20	21,70
	MCHC, g/L	311,20	8,98	80,70	298,00	319,00
	PLT, x 10⁹/L	529,20**	58,84	34,61	456,00	596,00
P2	WBC, x 10⁹/L	16,04*	4,16	17,29	12,10	22,20
	RBC, x 10¹²/L	5,32	0,71	0,51	4,33	6,09
	HGB, g/L	116,40	8,41	70,80	105,00	128,00
	HTC, L/L	0,37	0,03	0,00	0,33	0,42
	MCV, fL	70,22	4,73	22,40	65,90	76,70
	MCH, pg	22,10	2,54	6,45	20,10	26,10
	MCHC, g/L	313,60	15,47	239,30	304,00	340,00
	PLT, x 10⁹/L	288,40	45,30	25,80	223,00	342,00
P3	WBC, x 10⁹/L	17,34*	2,70	7,27	14,90	21,90
	RBC, x 10¹²/L	5,29	0,57	0,33	4,49	5,99
	HGB, g/L	106,60	6,66	44,30	97,00	113,00
	HTC, L/L	0,35	0,03	0,00	0,32	0,39
	MCV, fL	67,22	2,92	8,53	64,60	71,90
	MCH, pg	20,28	1,57	2,45	18,90	22,90
	MCHC, g/L	301,40	10,78	116,30	292,00	319,00
	PLT, x 10⁹/L	556,40**	129,96	68,90	376,00	717,00

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; WBC = leukociti, RBC = eritrociti, HGB = hemoglobin, HTC = hematokrit; MCV = prosječni volumen eritrocita, MCH = prosječna količina hemoglobina u eritrocitima, MCHC = prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima; PLT = trombociti; ** = P<0.01; * = P<0.05;

Prosječna vrijednost hematokrita bila je između 0,35 i 0,39 L/L za sve ispitivane skupine 0. dana istraživanja, što znači da nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednostima hematokrita.

Prosječna vrijednost koncentracije hemoglobina za kontrolnu skupinu bila je 117,60 g/L, za P1 skupinu 120,60 g/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost koncentracije hemoglobina iznosila je 116,40 g/L, a najniža vrijednost koncentracije hemoglobina na početku istraživanja utvrđena je za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (106,60 g/L). Nisu utvrđene statistički značajne razlike u koncentraciji hemoglobina 0. dan provedbe pokusa u krvi muške prasadi svih skupina koje su korištene u istraživanju.

Prosječna vrijednost hematokrita bila je između 0,35 i 0,39 L/L za sve ispitivane skupine 0. dana istraživanja, što znači da nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednostima hematokrita.

Prosječna vrijednost MCV za kontrolnu skupinu bila je 65,84 fL, za P1 skupinu 65,84 fL, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCV iznosila je 70,22 fL, a vrijednost koncentracije MCV na početku istraživanja utvrđena za skupinu muške prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 67,22 fL. Između ispitivanih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednosti MCV u krvi muške prasadi ispitivanih skupina 0. dan provedbe istraživanja.

Vrijednost MCH iznosila je 20,78 pg za kontrolnu skupinu (K), 20,28 pg za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, 22,10 pg za drugu pokusnu skupinu (P2) te 20,28 pg za skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti MCH nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina kod muške prasadi na početku istraživanja.

Prosječna vrijednost MCHC za kontrolnu skupinu (K) bila je 315,20 g/L, za P1 skupinu 311,20 g/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCHC iznosila je 313,60 g/L, a vrijednost MCHC na početku istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 301,40 g/L. Između dobivenih vrijednosti MCHC nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina kod muške prasadi na početku istraživanja.

Prosječna vrijednost PLT (trombocita) za kontrolnu skupinu (K) bila je $462,00 \times 10^9/L$, za P1 skupinu $529,20 \times 10^9/L$, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost PLT iznosila je $288,40 \times 10^9/L$, a vrijednost trombocita na početku istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je $556,40 \times$

109/L. Između pokusne skupine koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) i skupine koja je dobivala nano selen u obroku (P3) utvrđene su statistički visoko značajne razlike ($P < 0.01$) u vrijednosti trombocita u krvi muške prasadi ispitivanih skupina 0. dan provedbe istraživanja dok je između kontrolne i prve pokusne skupine utvrđena statistički značajna razlika ($P < 0.05$) u odnosu na P2 skupinu u PLT vrijednostima.

U tablici 16 prikazane su prosječne hematološke vrijednosti broja leukocita, broja eritrocita, koncentracije hemoglobina, hematokrita, MCV (prosječni volumen eritrocita), MCH (prosječna količina hemoglobina u eritrocitima), MCHC (prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima) i trombocita (PLT) kod muške prasadi u pokusu izmjerene u krvi na sredini pokusa (22. dan).

Vrijednost ukupnog broja leukocita iznosila je $21,53 \times 10^9/L$ za kontrolnu skupinu prasadi, $17,92 \times 10^9/L$ za prvu pokusnu skupinu (P1), $21,82 \times 10^9/L$ za drugu pokusnu skupinu i $26,44 \times 10^9/L$ za skupinu koja je u obrocima dobivala nano selen (P3). Statistički visoko značajne razlike ($P < 0.05$) utvrđene su za vrijednosti ukupnog broja leukocita kod muške prasadi između P1 skupine i skupine koja je u obroku dobivala nano selen.

Vrijednost ukupnog broja eritrocita iznosila je $5,95 \times 10^{12}/L$ za kontrolnu skupinu, $5,78 \times 10^{12}/L$ za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, $5,57 \times 10^{12}/L$ za drugu pokusnu skupinu (P2) te $5,77 \times 10^{12}/L$ za skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti ukupnog broja eritrocita nisu utvrđene statistički značajne razlike između skupina.

Prosječna vrijednost koncentracije hemoglobina za kontrolnu skupinu bila je 103,75 g/L, za P1 skupinu 99,80 g/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost koncentracije hemoglobina iznosila je 103,0 g/L, a vrijednost koncentracije hemoglobina na sredini istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 101,80 g/L. Između dobivenih vrijednosti koncentracije hemoglobina u krvi muške prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina 22. dan provedbe istraživanja.

Prosječna vrijednost hematokrita bila je između 0,35 i 0,36 L/L za sve ispitivane skupine 22. dan istraživanja, što znači da nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednostima hematokrita kod muške prasadi.

Prosječna vrijednost MCV za kontrolnu skupinu bila je 60,00 fL, za P1 skupinu 60,02 fL, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCV iznosila je 61,88

fL, a vrijednost koncentracije MCV na sredini istraživanja utvrđena za skupinu muške prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 61,70 fL.

Tablica 16. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti muške prasadi 22. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	WBC, x 10⁹/L	21,53	4,64	21,55	14,90	25,50
	RBC, x 10¹²/L	5,95	0,51	0,26	5,53	6,69
	HGB, g/L	103,75	7,14	50,92	98,00	114,00
	HTC, L/L	0,36	0,03	0,00	0,34	0,40
	MCV, fL	60,00	1,33	1,78	58,30	61,50
	MCH, pg	17,45	0,33	0,11	17,00	17,70
	MCHC, g/L	291,00	5,72	32,67	285,00	298,00
	PLT, x 10⁹/L	433,00	73,52	54,67	376,00	541,00
P1	WBC, x 10⁹/L	17,92	5,02	25,25	13,90	26,70
	RBC, x 10¹²/L	5,78	0,50	0,25	2,28	6,51
	HGB, g/L	99,80	7,56	57,20	92,00	109,00
	HTC, L/L	0,35	0,02	0,00	0,32	0,38
	MCV, fL	60,02	1,45	2,10	58,20	61,60
	MCH, pg	17,26	0,54	0,29	16,70	18,10
	MCHC, g/L	288,00	3,39	11,50	284,00	293,00
	PLT, x 10⁹/L	507,20	84,44	71,20	405,00	636,00
P2	WBC, x 10⁹/L	21,82	6,82	46,49	13,60	29,20
	RBC, x 10¹²/L	5,57	0,28	0,08	5,22	5,97
	HGB, g/L	103,00	11,73	137,50	94,00	123,00
	HTC, L/L	0,35	0,04	0,00	0,32	0,41
	MCV, fL	61,88	3,76	14,11	58,70	68,00
	MCH, pg	18,44	1,54	2,36	16,80	20,60
	MCHC, g/L	298,40	9,94	98,80	287,00	313,00
	PLT, x 10⁹/L	435,40	105,50	111,80	340,00	578,00
P3	WBC, x 10⁹/L	26,24*	2,32	5,40	23,20	29,60
	RBC, x 10¹²/L	5,77	0,44	0,19	5,13	6,13
	HGB, g/L	101,80	6,30	39,70	93,00	110,00
	HTC, L/L	0,36	0,03	0,00	0,32	0,38
	MCV, fL	61,70	1,44	2,09	59,40	63,30
	MCH, pg	17,64	0,59	0,35	16,90	18,10
	MCHC, g/L	286,40	4,88	23,80	279,00	292,00
	PLT, x 10⁹/L	566,60*	77,71	63,08	473,00	675,00

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; WBC = leukociti, RBC = eritrociti, HGB = hemoglobin, HTC = hematokrit; MCV = prosječni volumen eritrocita, MCH = prosječna količina hemoglobina u eritrocitima, MCHC = prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima; PLT = trombociti; * = P<0.05;

Između ispitivanih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednosti MCV u krvi muške prasadi ispitivanih skupina 22. dan provedbe istraživanja.

Vrijednost MCH iznosila je 17,45 pg za kontrolnu skupinu (K), 17,26 pg za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, 18,44 pg za drugu pokusnu skupinu (P2) te 17,64 pg za skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti MCH nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina muške prasadi 22. dan istraživanja.

Prosječna vrijednost MCHC za kontrolnu skupinu (K) bila je 291,00 g/L, za P1 skupinu 288,00 g/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCHC iznosila je 298,40 g/L, a vrijednost MCHC na sredini istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 286,40 g/L. Između dobivenih vrijednosti MCHC nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina kod muške prasadi 22. dan istraživanja.

Prosječna vrijednost PLT (trombocita) za kontrolnu skupinu (K) bila je $433,00 \times 10^9/L$, za P1 skupinu $507,20 \times 10^9/L$, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost PLT iznosila je $435,40 \times 10^9/L$, a vrijednost trombocita 22. dan od početka istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je $566,60 \times 10^9/L$. Između kontrolne skupine koja je dobivala konvencionalni obrok (K), P2 skupine koja je dobivala obrok s biofortificirajućim krmivima i skupine koja je dobivala nano selen u obroku (P3) utvrđene su statistički visoko značajne razlike ($P < 0.01$) u vrijednosti trombocita u krvi muške prasadi ispitivanih skupina 22. dan provedbe istraživanja.

U tablici 17 prikazane su prosječne hematološke vrijednosti broja leukocita, broja eritrocita, koncentracije hemoglobina, hematokrita, MCV (prosječni volumen eritrocita), MCH (prosječna količina hemoglobina u eritrocitima), MCHC (prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima) i trombocita (PLT) kod muške prasadi u pokusu izmjerene u krvi na kraju pokusa (45. dan).

Vrijednost ukupnog broja leukocita iznosila je $20,32 \times 10^9/L$ za kontrolnu skupinu prasadi, $21,00 \times 10^9/L$ za prvu pokusnu skupinu (P1), $21,50 \times 10^9/L$ za drugu pokusnu skupinu i $15,50 \times 10^9/L$ za skupinu koja je u obrocima dobivala nano selen (P3). Statistički visoko značajne razlike ($P < 0.01$) utvrđene su za vrijednosti ukupnog broja leukocita kod muške prasadi između P2 skupine i skupine koja je u obroku dobivala nano selen.

Tablica 17. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti muške prasadi 45. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	WBC, x 10⁹/L	20,32	6,30	39,71	14,00	30,30
	RBC, x 10¹²/L	6,00	1,04	1,08	5,10	7,72
	HGB, g/L	104,20	21,71	471,20	88,00	142,00
	HTC, L/L	0,36	0,06	0,00	0,32	0,46
	MCV, fL	60,06	2,69	7,26	57,40	63,70
	MCH, pg	17,34	0,79	0,63	16,40	18,40
	MCHC, g/L	288,40	12,18	148,30	279,00	308,00
	PLT, x 10⁹/L	438,60	111,68	124,73	330,00	557,00
P1	WBC, x 10⁹/L	21,00	6,49	42,18	11,30	27,90
	RBC, x 10¹²/L	5,74	0,35	0,12	5,29	6,24
	HGB, g/L	98,40	4,39	19,30	92,00	103,00
	HTC, L/L	0,34	0,01	0,01	0,33	0,36
	MCV, fL	60,04	2,83	7,98	56,70	63,60
	MCH, pg	17,18	0,81	0,65	16,20	18,40
	MCHC, g/L	285,80	3,70	13,70	280,00	289,00
	PLT, x 10⁹/L	390,80	70,89	50,52	334,00	482,00
P2	WBC, x 10⁹/L	21,50**	3,10	9,62	17,50	25,70
	RBC, x 10¹²/L	6,35	0,30	0,09	5,88	6,58
	HGB, g/L	114,00	11,62	135,00	101,00	129,00
	HTC, L/L	0,39	0,04	0,00	0,34	0,43
	MCV, fL	60,82	3,65	13,30	57,40	66,40
	MCH, pg	17,96	1,33	1,77	16,30	19,70
	MCHC, g/L	294,80	7,05	49,70	283,00	302,00
	PLT, x 10⁹/L	439,40	89,50	80,10	350,00	586,00
P3	WBC, x 10⁹/L	15,50	4,11	16,86	12,00	22,10
	RBC, x 10¹²/L	5,89	0,43	0,18	5,37	6,29
	HGB, g/L	101,80	8,04	64,70	92,00	111,00
	HTC, L/L	0,35	0,03	0,01	0,32	0,39
	MCV, fL	60,20	2,85	8,14	56,10	63,10
	MCH, pg	17,30	1,15	1,32	15,60	18,60
	MCHC, g/L	287,60	7,73	59,80	279,00	299,00
	PLT, x 10⁹/L	430,80	79,32	63,70	334,00	533,00

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; WBC = leukociti, RBC = eritrociti, HGB = hemoglobin, HTC = hematokrit; MCV = prosječni volumen eritrocita, MCH = prosječna količina hemoglobina u eritrocitima, MCHC = prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima; PLT = trombociti; ** = P<0.01;

Vrijednost ukupnog broja eritrocita iznosila je $6,00 \times 10^{12}/L$ za kontrolnu skupinu, $5,74 \times 10^{12}/L$ za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, $6,35 \times 10^{12}/L$ za drugu pokusnu skupinu (P2) te $5,89 \times 10^{12}/L$ za skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti ukupnog broja eritrocita kod muške prasadi 45. dan istraživanja nisu utvrđene statistički značajne razlike između skupina.

Prosječna vrijednost koncentracije hemoglobina za kontrolnu skupinu bila je 104,20 g/L, za P1 skupinu 98,40 g/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost koncentracije hemoglobina iznosila je 114,0 g/L, a vrijednost koncentracije hemoglobina na sredini istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 101,80 g/L. Za vrijednosti koncentracije hemoglobina u krvi muške prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina 45. dan provedbe istraživanja.

Prosječna vrijednost hematokrita bila je između 0,34 i 0,39 L/L za sve ispitivane skupine 45. dana istraživanja, što znači da nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednostima hematokrita kod muške prasadi.

Prosječna vrijednost MCV za kontrolnu skupinu bila je 60,06 fL, za P1 skupinu 60,04 fL, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCV iznosila je 60,82 fL, a vrijednost koncentracije MCV na sredini istraživanja utvrđena za skupinu muške prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 60,20 fL. Između ispitivanih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednosti MCV u krvi muške prasadi ispitivanih skupina 45. dan provedbe istraživanja.

Vrijednost MCH iznosila je 17,34 pg za kontrolnu skupinu (K), 17,18 pg za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, 17,96 pg za drugu pokusnu skupinu (P2) te 17,30 pg za skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti MCH nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina muške prasadi 45. dan istraživanja.

Prosječna vrijednost MCHC za kontrolnu skupinu (K) bila je 288,40 g/L, za P1 skupinu 285,80 g/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCHC iznosila je 294,80 g/L, a vrijednost MCHC na sredini istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 287,60 g/L. Između dobivenih vrijednosti MCHC nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina kod muške prasadi 45. dan istraživanja.

Prosječna vrijednost PLT (trombocita) za kontrolnu skupinu (K) bila je $438,60 \times 10^9/L$, za P1 skupinu $390,80 \times 10^9/L$, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost PLT iznosila je $439,40 \times 10^9/L$, a vrijednost trombocita 45. dan od početka istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je $430,80 \times 10^9/L$. Između dobivenih vrijednosti PLT nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina kod muške prasadi 45. dan istraživanja.

U tablici 18 prikazane su prosječne hematološke vrijednosti broja leukocita, broja eritrocita, koncentracije hemoglobina, hematokrita, MCV (prosječni volumen eritrocita), MCH (prosječna količina hemoglobina u eritrocitima), MCHC (prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima) i trombocita (PLT) kod ženske prasadi u pokusu izmjerene u krvi na početku pokusa (0. dan).

Vrijednost ukupnog broja leukocita iznosila je $14,98 \times 10^9/L$ za kontrolnu skupinu prasadi, $14,12 \times 10^9/L$ za prvu pokusnu skupinu (P1), $13,44 \times 10^9/L$ za drugu pokusnu skupinu i $16,46 \times 10^9/L$ za skupinu koja je u obrocima dobivala nano selen (P3). Statistički značajne razlike ($P < 0.05$) utvrđene su za vrijednosti ukupnog broja leukocita između P2 i P3 skupine.

Vrijednost ukupnog broja eritrocita iznosila je $5,46 \times 10^{12}/L$ za kontrolnu skupinu (K), $5,45 \times 10^{12}/L$ za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, $5,78 \times 10^{12}/L$ za drugu pokusnu skupinu (P2) te $5,58 \times 10^{12}/L$ za skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti ukupnog broja eritrocita nisu utvrđene statistički značajne razlike između skupina.

Prosječna vrijednost koncentracije hemoglobina za kontrolnu skupinu (K) bila je $114,80 \text{ g/L}$, za P1 skupinu $113,80 \text{ g/L}$, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost koncentracije hemoglobina iznosila je $120,20 \text{ g/L}$, a najniža vrijednost koncentracije hemoglobina na početku istraživanja utvrđena je za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen ($117,20 \text{ g/L}$). Nisu utvrđene statistički značajne razlike u koncentraciji hemoglobina 0. dan provedbe pokusa u krvi ženske prasadi svih skupina koje su korištene u istraživanju.

Prosječna vrijednost hematokrita bila je između 0,37 i 0,38 L/L za sve ispitivane skupine 0. dana istraživanja, što znači da nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednostima hematokrita.

Tablica 18. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti ženske prasadi 0. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	WBC, x 10⁹/L	14,98	3,51	12,29	12,20	20,70
	RBC, x 10¹²/L	5,46	0,23	0,05	5,06	5,65
	HGB, g/L	114,80	3,11	9,70	112,00	120,00
	HTC, L/L	0,37	0,01	0,01	0,36	0,38
	MCV, fL	67,94	2,47	6,12	65,60	71,50
	MCH, pg	21,08	1,01	1,02	20,30	22,50
	MCHC, g/L	309,80	4,44	19,70	304,00	315,00
	PLT, x 10⁹/L	382,40	103,00	106,30	279,00	525,00
P1	WBC, x 10⁹/L	14,12	4,36	19,04	11,80	21,90
	RBC, x 10¹²/L	5,45	0,57	0,32	4,65	6,04
	HGB, g/L	113,80	13,12	172,20	92,00	125,00
	HTC, L/L	0,37	0,04	0,00	0,31	0,41
	MCV, fL	67,48	2,31	5,33	65,80	71,50
	MCH, pg	20,86	0,99	0,99	19,80	22,40
	MCHC, g/L	309,20	9,98	99,70	297,00	319,00
	PLT, x 10⁹/L	504,00	110,27	121,00	383,00	674,00
P2	WBC, x 10⁹/L	13,44	2,74	7,53	10,90	17,00
	RBC, x 10¹²/L	5,78	0,54	0,29	4,98	6,29
	HGB, g/L	120,20	12,74	162,20	104,00	138,00
	HTC, L/L	0,38	0,04	0,00	0,33	0,44
	MCV, fL	66,42	2,13	4,53	63,90	69,80
	MCH, pg	20,76	0,72	0,51	20,00	21,90
	MCHC, g/L	312,80	1,92	3,70	310,00	315,00
	PLT, x 10⁹/L	566,80*	168,74	28,20	315,00	788,00
P3	WBC, x 10⁹/L	16,46*	4,84	23,47	10,50	23,80
	RBC, x 10¹²/L	5,58	0,69	0,48	4,58	6,45
	HGB, g/L	117,20	7,53	56,70	106,00	127,00
	HTC, L/L	0,38	0,03	0,01	0,34	0,43
	MCV, fL	68,76	3,45	11,93	64,60	73,10
	MCH, pg	21,14	1,38	1,91	19,70	23,10
	MCHC, g/L	307,40	7,23	52,30	297,00	316,00
	PLT, x 10⁹/L	555,40*	201,52	46,80	284,00	846,00

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; WBC = leukociti, RBC = eritrociti, HGB = hemoglobin, HTC = hematokrit; MCV = prosječni volumen eritrocita, MCH = prosječna količina hemoglobina u eritrocitima, MCHC = prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima; PLT = trombociti; * = P<0.05;

Prosječna vrijednost MCV za kontrolnu skupinu bila je 67,94 fL, a za P1 skupinu 67,48 fL. Za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCV iznosila je 66,42, a vrijednost koncentracije MCV na početku istraživanja utvrđena za skupinu ženske prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 68,76 fL. Između ispitivanih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednosti MCV u krvi ženske prasadi ispitivanih skupina 0. dan provedbe istraživanja.

Vrijednost MCH iznosila je 21,08 pg za kontrolnu skupinu, 20,86 pg za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, 20,76 pg za drugu pokusnu skupinu (P2) te 21,14 pg za skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti MCH nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina kod ženske prasadi na početku istraživanja.

Prosječna vrijednost MCHC za kontrolnu skupinu bila je 309,80 g/L, za P1 skupinu 309,20 g/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCHC iznosila je 312,80 g/L, a vrijednost MCHC na početku istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 307,40 g/L. Između dobivenih vrijednosti MCHC nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina kod ženske prasadi na početku istraživanja.

Prosječna vrijednost PLT (trombocita) za kontrolnu skupinu (K) bila je $382,40 \times 10^9/L$, za P1 skupinu $504,00 \times 10^9/L$, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost PLT iznosila je $566,80 \times 10^9/L$, a vrijednost trombocita na početku istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je $555,40 \times 10^9/L$. Između pokusne skupine koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) i skupine koja je dobivala nano selen u obroku (P3) utvrđene su statistički visoko značajne razlike ($P < 0.01$) u vrijednosti trombocita u krvi ženske prasadi ispitivanih skupina 0. dan provedbe istraživanja u odnosu na kontrolnu skupinu u PLT vrijednostima.

U tablici 19 prikazane su prosječne hematološke vrijednosti broja leukocita, broja eritrocita, koncentracije hemoglobina, hematokrita, MCV (prosječni volumen eritrocita), MCH (prosječna količina hemoglobina u eritrocitima), MCHC (prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima) i trombocita (PLT) kod ženske prasadi u pokusu izmjerene u krvi na sredini pokusa (22. dan).

Tablica 19. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti ženske prasadi 22. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	WBC, x 10⁹/L	24,32*	5,00	25,01	17,00	29,50
	RBC, x 10¹²/L	5,71	0,42	0,17	5,02	6,09
	HGB, g/L	100,40	3,05	9,30	96,00	104,00
	HTC, L/L	0,35	0,01	0,01	0,33	0,36
	MCV, fL	60,66	2,88	8,30	57,60	65,30
	MCH, pg	17,62	0,92	0,85	16,60	19,10
	MCHC, g/L	290,80	2,28	5,20	288,00	293,00
	PLT, x 10⁹/L	483,60	74,04	58,30	361,00	542,00
P1	WBC, x 10⁹/L	23,14*	4,54	20,60	16,90	28,00
	RBC, x 10¹²/L	5,59	0,39	0,15	5,18	6,02
	HGB, g/L	101,80	9,20	84,70	92,00	113,00
	HTC, L/L	0,35	0,02	0,00	0,32	0,37
	MCV, fL	62,08	0,97	0,94	61,10	63,50
	MCH, pg	18,16	0,56	0,31	17,60	18,90
	MCHC, g/L	293,00	9,14	83,50	280,00	303,00
	PLT, x 10⁹/L	481,80	113,99	129,70	296,00	594,00
P2	WBC, x 10⁹/L	23,34*	5,47	29,95	18,40	32,40
	RBC, x 10¹²/L	5,98	0,26	0,07	5,71	6,38
	HGB, g/L	104,80	6,98	48,70	100,00	117,00
	HTC, L/L	0,36	0,02	0,01	0,35	0,40
	MCV, fL	60,52	2,02	4,08	57,80	62,90
	MCH, pg	17,52	0,69	0,47	16,90	18,30
	MCHC, g/L	290,00	3,81	14,50	285,00	294,00
	PLT, x 10⁹/L	583,40*	140,45	97,30	453,00	822,00
P3	WBC, x 10⁹/L	20,96	2,72	7,39	16,80	24,00
	RBC, x 10¹²/L	6,10	0,26	0,07	5,76	6,46
	HGB, g/L	105,00	5,34	28,50	99,00	112,00
	HTC, L/L	0,36	0,02	0,01	0,35	0,39
	MCV, fL	59,32	1,60	2,56	57,10	60,90
	MCH, pg	17,20	0,54	0,29	16,30	17,70
	MCHC, g/L	290,20	5,85	34,20	286,00	300,00
	PLT, x 10⁹/L	557,80*	158,17	58,70	341,00	713,00

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; WBC = leukociti, RBC = eritrociti, HGB = hemoglobin, HTC = hematokrit; MCV = prosječni volumen eritrocita, MCH = prosječna količina hemoglobina u eritrocitima, MCHC = prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima; PLT = trombociti; * = P<0.05;

Vrijednost ukupnog broja leukocita iznosila je $24,32 \times 10^9/L$ za kontrolnu skupinu (K) prasadi, $23,14 \times 10^9/L$ za prvu pokusnu skupinu (P1), $23,34 \times 10^9/L$ za drugu pokusnu skupinu (P2) i $20,96 \times 10^9/L$ za skupinu koja je u obrocima dobivala nano selen (P3). Statistički značajne razlike ($P < 0.05$) utvrđene su za vrijednosti ukupnog broja leukocita kod ženske prasadi između kontrolne skupine i skupine koja je u obroku dobivala nano selen 22. dan istraživanja.

Vrijednost ukupnog broja eritrocita iznosila je $5,71 \times 10^{12}/L$ za kontrolnu skupinu, $5,59 \times 10^{12}/L$ za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, $5,98 \times 10^{12}/L$ za drugu pokusnu skupinu (P2) te $6,10 \times 10^{12}/L$ za skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti ukupnog broja eritrocita nisu utvrđene statistički značajne razlike između skupina kod ženske prasadi 22. dan istraživanja.

Prosječna vrijednost koncentracije hemoglobina za kontrolnu skupinu bila je $100,40 \text{ g/L}$, za P1 skupinu $101,80 \text{ g/L}$, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost koncentracije hemoglobina iznosila je $104,80 \text{ g/L}$, a vrijednost koncentracije hemoglobina na sredini istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je $105,80 \text{ g/L}$. Između dobivenih vrijednosti koncentracije hemoglobina u krvi ženske prasadi nisu utvrđene statistički značajne razliku između ispitivanih skupina 22. dan provedbe istraživanja.

Prosječna vrijednost hematokrita bila je između $0,35$ i $0,36 \text{ L/L}$ za sve ispitivane skupine 22. dan istraživanja, što znači da nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednostima hematokrita kod ženske prasadi.

Prosječna vrijednost MCV za kontrolnu skupinu bila je $60,66 \text{ fL}$, za P1 skupinu $62,08 \text{ fL}$, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCV iznosila je $60,52 \text{ fL}$, a vrijednost koncentracije MCV na sredini istraživanja utvrđena za skupinu ženske prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je $59,32 \text{ fL}$. Između ispitivanih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednosti MCV u krvi ženske prasadi ispitivanih skupina 22. dan provedbe istraživanja.

Vrijednost MCH iznosila je $17,62 \text{ pg}$ za kontrolnu skupinu, $18,16 \text{ pg}$ za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, $17,52 \text{ pg}$ za drugu pokusnu skupinu (P2) te $17,20 \text{ pg}$ za skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti MCH nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina ženske prasadi 22. dan istraživanja.

Prosječna vrijednost MCHC za kontrolnu skupinu bila je 290,80 g/L, za P1 skupinu 293,00 g/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCHC iznosila je 290,00 g/L, a vrijednost MCHC na sredini istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 290,20 g/L. Između dobivenih vrijednosti MCHC nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina kod ženske prasadi 22. dan istraživanja.

Prosječna vrijednost PLT (trombocita) za kontrolnu skupinu bila je $483,60 \times 10^9/L$, za P1 skupinu $481,80 \times 10^9/L$, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost PLT iznosila je $583,40 \times 10^9/L$, a vrijednost trombocita 22. dan od početka istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je $557,80 \times 10^9/L$. Kontrolna skupina K i skupina P1 koja je dobivala obrok s organskim selenom imale su u krvi ženske prasadi 22. dan nakon početka istraživanja statistički visoko značajno ($P < 0.01$) nižu prosječnu vrijednost trombocita u odnosu na pokusnu skupinu P2.

U tablici 20 prikazane su prosječne hematološke vrijednosti broja leukocita, broja eritrocita, koncentracije hemoglobina, hematokrita, MCV (prosječni volumen eritrocita), MCH (prosječna količina hemoglobina u eritrocitima), MCHC (prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima) i trombocita (PLT) kod ženske prasadi u pokusu izmjerene u krvi na kraju pokusa (45. dan).

Vrijednost ukupnog broja leukocita iznosila je $19,94 \times 10^9/L$ za kontrolnu skupinu (K) prasadi, $18,08 \times 10^9/L$ za prvu pokusnu skupinu (P1), $23,58 \times 10^9/L$ za drugu pokusnu skupinu (P2) i $18,34 \times 10^9/L$ za skupinu koja je u obrocima dobivala nano selen (P3). Statistički značajne razlike ($P < 0.05$) utvrđene su za vrijednosti ukupnog broja leukocita kod ženske prasadi između P1 pokusne skupine i skupine koja je u obroku dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) 45. dan istraživanja.

Vrijednost ukupnog broja eritrocita iznosila je $6,07 \times 10^{12}/L$ za kontrolnu skupinu, $5,89 \times 10^{12}/L$ za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, $6,34 \times 10^{12}/L$ za drugu pokusnu skupinu (P2) te $6,08 \times 10^{12}/L$ za skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti ukupnog broja eritrocita nisu utvrđene statistički značajne razlike između skupina kod ženske prasadi 45. dan istraživanja.

Tablica 20. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti ženske prasadi 45. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	WBC, x 10⁹/L	19,94	6,70	44,91	11,80	27,90
	RBC, x 10¹²/L	6,07	0,30	0,09	5,78	6,49
	HGB, g/L	109,60	12,64	159,80	99,00	127,00
	HTC, L/L	0,38	0,03	0,01	0,35	0,43
	MCV, fL	63,08	4,83	23,36	59,00	71,20
	MCH, pg	18,06	1,87	3,51	16,50	21,20
	MCHC, g/L	285,60	7,16	51,30	280,00	297,00
	PLT, x 10⁹/L	429,20	117,39	79,70	257,00	564,00
P1	WBC, x 10⁹/L	18,08	3,23	10,41	14,30	22,10
	RBC, x 10¹²/L	5,89	0,17	0,03	5,62	6,07
	HGB, g/L	102,20	5,54	30,70	96,00	111,00
	HTC, L/L	0,36	0,01	0,01	0,34	0,37
	MCV, fL	61,24	2,65	7,02	56,70	63,10
	MCH, pg	17,40	1,08	1,18	15,80	18,70
	MCHC, g/L	283,60	10,92	119,30	270,00	300,00
	PLT, x 10⁹/L	392,00	36,91	62,50	344,00	438,00
P2	WBC, x 10⁹/L	23,58	4,54	20,62	17,10	27,60
	RBC, x 10¹²/L	6,34	0,50	0,25	5,63	7,04
	HGB, g/L	107,40	8,44	71,30	99,00	121,00
	HTC, L/L	0,37	0,03	0,01	0,34	0,42
	MCV, fL	58,86	3,83	14,65	53,40	64,10
	MCH, pg	16,98	0,95	0,91	15,50	18,10
	MCHC, g/L	288,20	2,95	8,70	283,00	290,00
	PLT, x 10⁹/L	511,80*	254,45	74,70	170,00	781,00
P3	WBC, x 10⁹/L	18,34	3,27	10,67	13,90	22,30
	RBC, x 10¹²/L	6,08	0,45	0,20	5,38	6,64
	HGB, g/L	102,80	8,93	79,70	88,00	110,00
	HTC, L/L	0,36	0,03	0,01	0,32	0,38
	MCV, fL	59,92	1,47	2,17	57,60	60,80
	MCH, pg	16,94	0,52	0,27	16,40	17,50
	MCHC, g/L	286,20	4,76	22,70	278,00	290,00
	PLT, x 10⁹/L	624,20**	168,45	76,20	442,00	830,00

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; WBC = leukociti, RBC = eritrociti, HGB = hemoglobin, HTC = hematokrit; MCV = prosječni volumen eritrocita, MCH = prosječna količina hemoglobina u eritrocitima, MCHC = prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima; PLT = trombociti; ** = P<0.01; * = P<0.05;

Prosječna vrijednost koncentracije hemoglobina za kontrolnu skupinu bila je 109,60 g/L, za P1 skupinu 102,20 g/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost koncentracije hemoglobina iznosila je 104,80 g/L. Za vrijednost koncentracije hemoglobina na sredini istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 102,80 g/L. Između dobivenih vrijednosti koncentracije hemoglobina u krvi ženske prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina 45. dan provedbe istraživanja.

Prosječna vrijednost hematokrita bila je između 0,36 i 0,38 L/L za sve ispitivane skupine 45. dana istraživanja, što znači da nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednostima hematokrita kod ženske prasadi.

Prosječna vrijednost MCV za kontrolnu skupinu bila je 63,08 fL, za P1 skupinu 61,24 fL, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCV iznosila je 58,86 fL, a vrijednost koncentracije MCV na sredini istraživanja utvrđena za skupinu ženske prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 59,92 fL. Između ispitivanih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednosti MCV u krvi ženske prasadi ispitivanih skupina 45. dan provedbe istraživanja.

Vrijednost MCH iznosila je 18,06 pg za kontrolnu skupinu, 17,40 pg za skupinu koja je dobivala organski selen (P1) u obrocima, 16,98 pg za drugu pokusnu skupinu (P2) te 16,94 pg za skupinu s nano selenom (P3). Između dobivenih vrijednosti MCH nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina ženske prasadi 45. dan istraživanja.

Prosječna vrijednost MCHC za kontrolnu skupinu bila je 285,60 g/L, za P1 skupinu 283,60 g/L, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost MCHC iznosila je 288,20 g/L, a vrijednost MCHC na sredini istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je 286,20 g/L. Između dobivenih vrijednosti MCHC nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina kod ženske prasadi 45. dan istraživanja.

Prosječna vrijednost PLT (trombocita) za kontrolnu skupinu (K) bila je $429,20 \times 10^9/L$, za P1 skupinu $392,20 \times 10^9/L$, za skupinu koja je dobivala selen iz biofortificiranih krmiva (P2) vrijednost PLT iznosila je $511,80 \times 10^9/L$, a vrijednost trombocita 22. dan od početka istraživanja utvrđena za skupinu prasadi koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) iznosila je $624,20 \times 10^9/L$. Kontrolna skupina K i skupina P1 koja je dobivala obrok s organskim selenom imale su u krvi ženske prasadi 45. dan nakon početka istraživanja statistički visoko značajno ($P < 0.01$) nižu

prosječnu vrijednost trombocita u odnosu na pokusnu skupinu s nano selenom (P3) dok je pokusna skupina P2 imala statistički značajno ($P < 0.05$) nižu PLT vrijednost u odnosu na P3 skupinu. Koeficijenti korelacije između izmjerenih hematoloških vrijednosti prikazani su u tablici 21.

Tablica 21. Koeficijenti korelacije između izmjerenih hematoloških vrijednosti

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
WBC	1.00000	0.21170 0.0208	-0.18366 0.0456	-0.03260 0.7248	-0.32296 0.0003	-0.36800 <.0001	-0.36636 <.0001	-0.00609 0.9476
RBC		1.00000	0.44698 <.0001	0.69515 <.0001	-0.49538 <.0001	-0.44785 <.0001	-0.27614 0.0024	0.09984 0.2800
HGB			1.00000	0.91445 <.0001	0.51195 <.0001	0.59304 <.0001	0.62385 <.0001	-0.07879 0.3944
HCT				1.00000	0.27494 0.0025	0.28114 0.0020	0.25582 0.0050	-0.06892 0.4564
MCV					1.00000	0.95384 <.0001	0.70086 <.0001	-0.21157 0.0209
MCH						1.00000	0.88113 <.0001	-0.16445 0.0739
MCHC							1.00000	-0.05290 0.5677

WBC = leukociti, RBC = eritrociti, HGB = hemoglobin, HCT = hematokrit; MCV = prosječni volumen eritrocita, MCH = prosječna količina hemoglobina u eritrocitima, MCHC = prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima; PLT = trombociti

Pearsonova analiza korelacije pokazala je jaku pozitivnu korelaciju između tjelesnih masa ($r(200) = >0,91445$, $p < 0,0001$) između vrijednosti hemoglobina i hematokrita, zatim između MCV i MCH ($r(200) = >0,95384$, $p < 0,0001$) te MCH i MCHC ($r(200) = >0,88113$, $p < 0,0001$). Srednje jaka korelacija utvrđena je između RBC i HCT ($r(200) = >0,69515$, $p < 0,0001$), HGB i MCHC ($r(200) = >0,62385$, $p < 0,0001$); zatim između HGB i MCV ($r(200) = >0,51195$, $p < 0,0001$) te između HGB i MCH ($r(200) = >0,59304$, $p < 0,0001$). Između ostalih hematoloških vrijednosti utvrđene su vrlo slabe korelacije.

5.2.1. Enzimske vrijednosti u krvi prasadi

U sljedećim tablicama biti će prikazane utvrđene vrijednosti koncentracije enzima glutation peroksidaze (GPx) i super oksid dismutaze (SOD) u serumu i leukocitima. U tablici 22 prikazane su utvrđene vrijednosti GPx i SOD u serumu i leukocitima prasadi na početku istraživanja (0. dan).

Tablica 22. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 0. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	GPx serum (U/L)	363,54	107,10	114,09	132,87	494,12
	GPx WBC (U/L)	374,18*	62,49	390,04	272,60	481,65
	SOD WBC 1:199 (µg/L)	2,47	0,28	0,08	2,11	2,94
	SOD WBC (µg/L)	494,10	56,90	323,67	421,80	587,00
P1	GPx serum (U/L)	412,85	87,11	758,11	281,87	540,36
	GPx WBC (U/L)	291,00	34,62	119,57	240,44	330,22
	SOD WBC 1:199 (µg/L)	2,28	0,19	0,03	2,04	2,74
	SOD WBC (µg/L)	456,50	37,36	139,48	407,40	547,60
P2	GPx serum (U/L)	437,40*	88,11	776,15	301,00	622,56
	GPx WBC (U/L)	362,59	84,96	721,12	283,51	539,65
	SOD WBC 1:199 (µg/L)	2,46	0,26	0,07	2,03	2,86
	SOD WBC (µg/L)	491,06	52,05	278,95	405,80	571,21
P3	GPx serum (U/L)	366,33	71,02	504,69	301,89	511,83
	GPx WBC (U/L)	362,58	60,89	370,49	275,86	445,08
	SOD WBC 1:199 (µg/L)	2,21	0,25	0,06	1,73	2,60
	SOD WBC (µg/L)	441,62	49,00	240,29	346,40	520,00

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; GPx = glutation peroksidaza; SOD = superoksid dismutaza; WBC = crvene krvne stanice; * = P<0.05;

Sadržaj GPx u serumu kontrolne skupine iznosio je 363,54 U/L, kod P1 skupine 412,85 U/L, kod skupine prasadi koja je hranjena biofortificiranim krmivima 437,40 U/L, a kod prasadi koja je dobivala nano selen utvrđena vrijednost selena u krvi na početku istraživanja iznosila je 366,33 U/L. Između kontrolne (K) i druge pokusne skupine (P2) utvrđene su statistički značajne (P<0.05) razlike u količini GPx u serumu prasadi.

Koncentracija GPx u leukocitima krvi prasadi početnog dana istraživanja za kontrolnu skupinu iznosila je 374,18 U/L, za P1 skupinu 291,00, za drugu pokusnu skupinu (P2) 362,59 U/L, a za skupinu koja je dobivala nano selen u obroku, koncentracija GPx u leukocitima iznosila je 362,58 U/L. Utvrđene su statistički značajne ($P < 0.05$) razlike u koncentraciji GPx u leukocitima između kontrolne (K) i prve pokusne skupine (P1).

Koncentracija SOD u 1:199 razrjeđenju leukocita iznosila je za kontrolnu skupinu (K) 2,47 $\mu\text{g/L}$, za pokusnu skupinu koja je dobivala organski selen (P1) koncentracija SOD je iznosila 2,28 $\mu\text{g/L}$, kod P2 skupine navedena koncentracija u leukocitima prasadi 0. dan iznosila je 2,46 $\mu\text{g/L}$, a kod prasadi treće pokusne skupine (P3) koncentracija SOD je iznosila 2,21 $\mu\text{g/L}$. Između ispitivanih skupina svinja nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja SOD u leukocitima u koncentraciji 1:199.

Koncentracija SOD u leukocitima bez razrjeđenja iznosila je za kontrolnu skupinu (K) 494,10 $\mu\text{g/L}$, za pokusnu skupinu koja je dobivala organski selen (P1) koncentracija SOD je iznosila 456,50 $\mu\text{g/L}$, kod P2 skupine navedena koncentracija u leukocitima prasadi 0. dan iznosila je 491,06 $\mu\text{g/L}$, a kod prasadi treće pokusne skupine koncentracija SOD je iznosila 441,62 $\mu\text{g/L}$. Između ispitivanih skupina svinja nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja SOD u leukocitima.

U tablici 23 prikazane su utvrđene vrijednosti GPx i SOD u serumu i leukocitima prasadi na sredini istraživanja (22. dan).

Sadržaj GPx u serumu kontrolne skupine iznosio je 363,54 U/L, kod P1 skupine 412,85 U/L, kod skupine prasadi koja je hranjena biofortificiranim krmivima 437,40 U/L, a kod prasadi koja je dobivala nano selen utvrđena vrijednost selena u krvi 22. dan istraživanja iznosila je 366,33 U/L. Između druge (P2) i treće pokusne skupine (P3) utvrđene su statistički visoko značajne ($P < 0.01$) razlike u količini GPx u serumu prasadi.

Koncentracija GPx u leukocitima krvi prasadi 22. dan istraživanja za kontrolnu skupinu (K) iznosila je 356,30 U/L, za P1 skupinu 319,16, za drugu pokusnu skupinu (P2) 355,34 U/L, a za skupinu koja je dobivala nano selen u obroku (P3), koncentracija GPx u leukocitima iznosila je 406,09 U/L. Utvrđene su statistički značajne ($P < 0.05$) razlike u koncentraciji GPx u leukocitima između prve pokusne skupine (P1) i skupine koja je dobivala obrok s nano selenom (P3).

Koncentracija SOD u 1:199 razrjeđenju leukocita iznosila je za kontrolnu skupinu 2,08 $\mu\text{g/L}$, za pokusnu skupinu koja je dobivala organski selen (P1) koncentracija SOD je iznosila 2,34 $\mu\text{g/L}$, kod P2 skupine navedena koncentracija u leukocitima prasadi 22. dan iznosila je 2,14 $\mu\text{g/L}$,

a kod prasadi P3 skupine koncentracija SOD je iznosila 2,21 µg/L. Između ispitivanih skupina svinja nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja SOD u leukocitima u koncentraciji 1:199.

Tablica 23. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 22. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	GPx serum (U/L)	299,50	74,90	56,09	212,07	405,00
	GPx WBC (U/L)	356,30	73,66	54,25	267,24	500,98
	SOD WBC 1:199 (µg/L)	2,08	0,18	0,03	1,84	2,50
	SOD WBC (µg/L)	416,18	36,49	13,52	368,80	500,40
P1	GPx serum (U/L)	313,21	113,75	129,07	150,94	459,04
	GPx WBC (U/L)	319,16	60,47	36,15	185,69	382,87
	SOD WBC 1:199 (µg/L)	2,34	0,21	0,05	2,08	2,74
	SOD WBC (µg/L)	468,82	42,67	182,83	415,40	547,60
P2	GPx serum (U/L)	373,20*	106,86	114,64	246,61	595,81
	GPx WBC (U/L)	355,34	72,98	53,24	269,35	489,11
	SOD WBC 1:199 (µg/L)	2,14	0,24	0,06	1,74	2,54
	SOD WBC (µg/L)	427,62	47,35	22,42	348,00	508,20
P3	GPx serum (U/L)	270,73	69,76	46,18	184,96	406,60
	GPx WBC (U/L)	406,09	94,28	88,82	244,08	549,03
	SOD WBC 1:199 (µg/L)	2,21	0,31	0,10	1,76	2,78
	SOD WBC (µg/L)	442,24	62,27	38,77	351,20	550,40

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; GPx = glutation peroksidaza; SOD = superoksid dismutaza; WBC = crvene krvne stanice; A,B = statističke razlike;

Koncentracija SOD u leukocitima bez razrjeđenja iznosila je za kontrolnu skupinu 416,18 µg/L, za pokusnu skupinu koja je dobivala organski selen (P1) koncentracija SOD je iznosila 468,82 µg/L, kod P2 skupine navedena koncentracija u leukocitima prasadi 22. dan iznosila je 427,62 µg/L, a kod P3 pokusne skupine koncentracija SOD je iznosila 442,24 µg/L. Između ispitivanih skupina svinja nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja SOD u leukocitima.

U tablici 24 prikazane su utvrđene vrijednosti GPx i SOD u serumu i leukocitima prasadi na kraju istraživanja (45. dan).

45. dan došlo je do značajnog povećanja sadržaja GPx u serumu kontrolne skupine koji je iznosio 508,57 U/L dok je kod pokusnih skupina došlo do značajnog smanjenja.

Tablica 24. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 45. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	GPx serum (U/L)	508,57*	132,26	17,49	315,71	735,42
	GPx WBC (U/L)	297,87*	59,40	35,18	197,94	392,44
	SOD WBC 1:199 (µg/L)	1,73	0,19	0,04	1,40	1,96
	SOD WBC (µg/L)	346,38	38,23	146,62	279,00	392,80
P1	GPx serum (U/L)	244,01	77,74	60,43	138,01	349,37
	GPx WBC (U/L)	191,57	59,84	35,81	109,12	286,19
	SOD WBC 1:199 (µg/L)	1,90	0,13	0,02	1,69	2,10
	SOD WBC (µg/L)	379,40	25,98	67,52	338,40	420,20
P2	GPx serum (U/L)	284,79	85,39	72,91	188,15	416,69
	GPx WBC (U/L)	224,92	106,37	113,31	108,93	470,74
	SOD WBC 1:199 (µg/L)	1,92	0,36	0,13	1,14	2,32
	SOD WBC (µg/L)	383,32	71,26	50,77	227,60	464,80
P3	GPx serum (U/L)	267,91	95,12	90,47	175,04	438,31
	GPx WBC (U/L)	252,88	63,05	39,58	166,17	347,64
	SOD WBC 1:199 (µg/L)	1,76	0,29	0,09	1,23	2,21
	SOD WBC (µg/L)	352,34	58,63	34,79	245,40	442,60

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; GPx = glutation peroksidaza; SOD = superoksid dismutaza; WBC = crvene krvne stanice; * = P<0.05;

Tako je kod P1 skupine vrijednost GPx u serumu iznosila 244,01 U/L dok je kod skupine prasadi koja je hranjena biofortificiranim krmivima došlo do smanjenja na 284,79 U/L, a kod prasadi koja je dobivala nano selen utvrđena vrijednost selena u krvi 45. dan istraživanja iznosila je 267,91 U/L. Između kontrolne i pokusnih skupina utvrđene su statistički visoko značajne (P<0.01) razlike u količini GPx u serumu prasadi 45. dan pokusa.

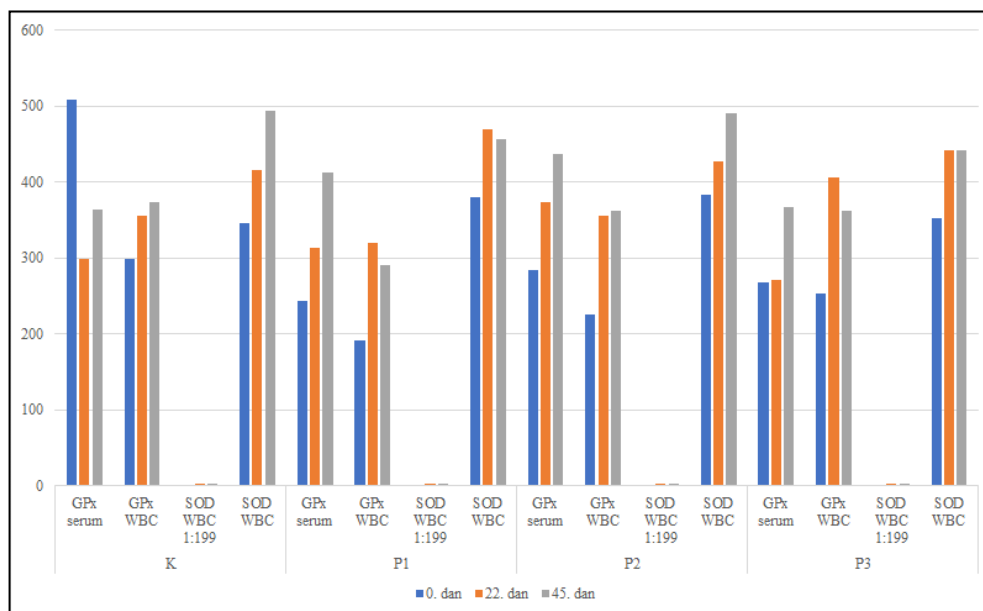
Koncentracija GPx u leukocitima krvi prasadi 45. dan istraživanja za kontrolnu skupinu iznosila je 297,87 U/L, za P1 skupinu 191,57, za drugu pokusnu skupinu (P2) 224,92 U/L, a za

skupinu koja je dobivala nano selen u obroku (P3), koncentracija GPx u leukocitima iznosila je 252,88 U/L. Utvrđene su statistički značajne ($P < 0.05$) razlike u koncentraciji GPx u leukocitima između kontrolne (K) i prve pokusne skupine (P1).

Koncentracija SOD u 1:199 razrjeđenju leukocita iznosila je za kontrolnu skupinu 1,73 $\mu\text{g/L}$, za pokusnu skupinu koja je dobivala organski selen (P1) koncentracija SOD je iznosila 1,90 $\mu\text{g/L}$, kod P2 skupine navedena koncentracija u leukocitima prasadi 45. dan iznosila je 1,92 $\mu\text{g/L}$, a kod prasadi treće pokusne skupine (P3) koncentracija SOD je iznosila 1,76 $\mu\text{g/L}$. Između ispitivanih skupina svinja nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja SOD u leukocitima u koncentraciji 1:199.

Koncentracija SOD u leukocitima bez razrjeđenja iznosila je za kontrolnu skupinu 346,38 $\mu\text{g/L}$, za pokusnu skupinu koja je dobivala organski selen (P1) koncentracija SOD je iznosila 379,48 $\mu\text{g/L}$, kod P2 skupine navedena koncentracija u leukocitima prasadi 45. dan iznosila je 383,32 $\mu\text{g/L}$, a kod prasadi treće pokusne (P3) skupine koncentracija SOD je iznosila 352,34 $\mu\text{g/L}$. Između ispitivanih skupina svinja nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja SOD u leukocitima.

Kretanje koncentracije GPx i SOD u serumu i eritrocitima tijekom 45 dana istraživanja prikazan je na grafikonu 4.



Grafikon 4. Porast koncentracije GPx i SOD u serumu i eritrocitima po skupinama

5.3. Biokemijski pokazatelji

Vrijednosti najvažnijih biokemijskih pokazatelja u krvnoj plazmi prikazani su u tablicama koje slijede. Biokemijski pokazatelji krvi su vrlo korisni podaci kod procjene metaboličkog profila i zdravstvenog stanja prasadi. Tijekom istraživanja praćeni su sljedeći pokazatelji: glukoza, urea, ukupni protein, albumini, globulini, željezo, bakar i cink.

Biokemijski parametri krvne plazme za svu prasad na početku istraživanja prikazani su u tablici 25.

Prosječna vrijednost glukoze u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi bila je 6,21 mmol/L, a minimalna i maksimalna vrijednost bile su 5,34 i 7,42 mmol/L. Vrijednost glukoze za P1 skupinu iznosila je 6,07 mmol/L, kod skupine koja je dobivala obrok od biofortificiranih krmiva (P2), prosječna vrijednost glukoze u krvi iznosila je 6,01 mmol/L, a skupina prasadi koja je dobivala nano selen (P3) imala je prosječne vrijednosti glukoze u krvi od 5,63 mmol/L. Između ispitivanih skupina prasadi na početku istraživanja (0. dan) nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja glukoze u krvi.

Prosječna vrijednost uree u krvi bila je za kontrolnu skupinu (K) 1,78 mmol/L, a u krvi prasadi koja je dobivala organski selen (P1) prosječna vrijednost uree iznosila je 2,49 mmol/L. Urea u krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) iznosila je 2,0 mmol/L, a kod treće pokusne skupine (P3) prosječna vrijednost uree u krvi bila je 2,41 mmol/L. Statistički značajne razlike nisu utvrđene između skupina u pogledu sadržaja uree u krvi ispitivane prasadi.

Ukupni proteini u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi na početku pokusa (0. dan) iznosili su u prosjeku 47,73 g/L, a za prvu pokusnu skupinu (P1) prosječna vrijednost ukupnih proteina u krvi iznosila je 56,26 g/L. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene vrijednosti ukupnih proteina bile su 48,61 g/L, a kod prasadi treće pokusne skupine (P3) utvrđen je sadržaj ukupnih proteina u krvi u vrijednosti od 50,52 g/L. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina svinja u pogledu sadržaja ukupnih proteina u krvi na početku istraživanja.

Sadržaj vrijednih bjelančevina albumina u kontrolnoj skupini izmjeren je do prosječne razine od 25,56 g/L dok je kod prasadi prve pokusne skupine prosječna vrijednost albumina iznosila 25,40 g/L.

Tablica 25. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi prasadi 0. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	Glukoza, mmol/L	6,21	0,74	0,54	5,34	7,42
	Urea, mmol/L	1,78	0,50	0,25	1,00	2,60
	Ukupni proteini, g/L	47,73	4,46	19,87	39,20	53,60
	Albumini, g/L	25,56	5,07	25,75	17,40	32,80
	Globulini, g/L	22,17	3,96	25,75	17,40	32,80
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	22,17	3,91	15,70	18,80	31,20
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	24,37**	7,47	55,77	16,40	41,40
	Cink, $\mu\text{g/L}$	14,02**	2,12	4,50	9,92	16,94
P1	Glukoza, mmol/L	6,07	2,31	5,36	3,54	12,04
	Urea, mmol/L	2,49	0,67	0,44	1,46	3,51
	Ukupni proteini, g/L	56,26	3,96	15,72	49,10	63,50
	Albumini, g/L	25,40	4,56	20,81	19,20	31,40
	Globulini, g/L	30,86*	5,37	28,80	24,50	38,90
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	26,27	8,12	65,91	16,30	40,20
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	13,97	2,69	7,26	9,08	18,98
	Cink, $\mu\text{g/L}$	5,66	0,55	0,30	4,91	6,65
P2	Glukoza, mmol/L	6,01	0,98	0,97	4,68	7,99
	Urea, mmol/L	2,00	1,07	1,14	1,29	4,91
	Ukupni proteini, g/L	48,61	2,73	7,43	44,90	52,70
	Albumini, g/L	28,70	2,84	8,05	24,50	34,80
	Globulini, g/L	19,91	1,81	3,29	17,60	22,80
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	19,87	4,19	17,57	11,80	25,60
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	15,77	2,16	4,65	13,08	19,99
	Cink, $\mu\text{g/L}$	6,15	1,23	1,51	4,23	8,42
P3	Glukoza, mmol/L	5,63	0,44	0,19	5,01	6,49
	Urea, mmol/L	2,41	0,67	0,44	1,31	3,38
	Ukupni proteini, g/L	50,52	7,11	50,58	41,90	64,50
	Albumini, g/L	25,30	2,45	6,01	19,30	27,80
	Globulini, g/L	25,22	2,45	6,01	19,30	27,80
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	29,95*	7,12	50,73	13,10	39,60
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	14,13	1,31	1,72	11,63	15,31
	Cink, $\mu\text{g/L}$	5,51	0,72	0,52	4,34	6,39

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; ** = $P < 0.01$; * = $P < 0.05$;

U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) sadržaj ukupnih albumina dostigao je prosječnu vrijednost od 28,17 g/L, a kod prasadi iz treće pokusne skupine (P3) izmjerene vrijednosti

albumina u krvi na početku istraživanja iznosile su 25,30 g/L. Između dobivenih vrijednosti sadržaja albumina u krvi ispitivane prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Sadržaj globulina u krvi ispitivane prasadi na početku istraživanja se razlikovao između skupina. Tako je kod kontrolne skupine (K) izmjerena prosječna vrijednost od 22,17 g/L, a kod prve pokusne skupine (P1) ta vrijednost iznosila je 30,86 g/L. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) utvrđene su prosječne vrijednosti globulina od 19,91 g/L, a treća pokusna skupina (P3) imala je prosječne vrijednosti globulina u krvi na početku istraživanja od 25,22 g/L. Između kontrolne skupine (K) i prve i druge pokusne skupine (P1 i P2) utvrđene su statistički visoko značajne ($P < 0.01$) razlike u sadržaju globulina u krvi ispitivane prasadi.

Vrijednosti željeza u krvi kod prasadi kontrolne skupine (K) na početku istraživanja (0. dan) iznosile su 22,17 $\mu\text{mol/L}$, a kod prve pokusne skupine (P1) sadržaj željeza u krvi prasadi iznosio je 26,27 $\mu\text{mol/L}$. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti željeza od 19,87 $\mu\text{mol/L}$, a prasad treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku imala 29,95 $\mu\text{mol/L}$ željeza. Između druge i treće pokusne skupine utvrđena je statistički značajna ($P < 0.05$) razlika u pogledu sadržaja željeza u krvi.

Sadržaj bakra u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi na početku istraživanja iznosio je 24,37 $\mu\text{g/L}$, a za prvu pokusnu skupine (P1) prosječne vrijednosti bakra izmjerene u krvi prasadi iznosile su 13,97 $\mu\text{g/L}$. Drugoj pokusnoj skupini (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti bakra u krvi prasadi od 15,77 $\mu\text{g/L}$ dok je kod treće pokusne skupina (P3) vrijednost sadržaja bakra u krvi prasadi iznosila 14,13 $\mu\text{g/L}$. Između kontrolne i svih pokusnih skupina utvrđena je statistički visoko značajna ($P < 0.01$) razlika u pogledu sadržaja bakra u krvi ispitivane prasadi na početku testiranja.

Vrijednosti cinka u krvi kod prasadi kontrolne skupine (K) na početku istraživanja (0. dan) iznosile su 14,02 $\mu\text{g/L}$, a kod prve pokusne skupine (P1) sadržaj cinka u krvi prasadi iznosio je 5,66 $\mu\text{g/L}$. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti cinka od 6,15 $\mu\text{g/L}$, a prasad treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku imala 5,51 $\mu\text{g/L}$ cinka. Između kontrolne i svih pokusnih skupina utvrđena je statistički visoko značajna ($P < 0.01$) razlika u pogledu sadržaja cinka u krvi ispitivane prasadi na početku testiranja.

Biokemijski parametri krvne plazme za prasad 22. dan istraživanja prikazani su u tablici 26.

Tablica 26. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi prasadi 22. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	Glukoza, mmol/L	6,23	0,61	0,37	5,45	7,42
	Urea, mmol/L	2,17	0,41	0,17	1,16	2,60
	Ukupni proteini, g/L	48,56	4,86	23,66	39,20	54,90
	Albumini, g/L	24,90	2,41	5,82	19,10	27,90
	Globulini, g/L	23,29	3,87	15,51	17,96	32,22
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	29,71	5,82	33,82	20,70	41,40
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	9,06	3,18	10,19	2,19	12,48
	Cink, $\mu\text{g/L}$	16,97	7,94	63,09	9,31	37,54
P1	Glukoza, mmol/L	6,15	0,37	0,14	5,77	6,89
	Urea, mmol/L	2,10	0,63	0,40	0,98	3,03
	Ukupni proteini, g/L	47,51	2,74	7,50	42,30	50,70
	Albumini, g/L	25,54	2,03	4,12	22,30	28,70
	Globulini, g/L	24,01	4,12	15,63	19,26	28,43
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	31,86	5,31	28,25	26,20	44,00
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	10,16	2,34	5,47	4,54	12,23
	Cink, $\mu\text{g/L}$	17,98	6,27	39,26	10,82	30,02
P2	Glukoza, mmol/L	6,02	0,49	0,24	5,34	6,87
	Urea, mmol/L	2,13	0,66	0,43	1,35	3,05
	Ukupni proteini, g/L	49,59	4,11	16,89	44,00	56,50
	Albumini, g/L	24,98	3,92	15,34	17,40	30,50
	Globulini, g/L	23,17	3,76	15,01	18,04	30,50
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	33,03	9,73	94,64	20,20	53,60
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	9,43	1,86	3,45	7,15	12,96
	Cink, $\mu\text{g/L}$	18,56	5,72	32,74	10,04	27,63
P3	Glukoza, mmol/L	5,72	0,54	0,29	4,70	6,30
	Urea, mmol/L	2,53	0,52	0,27	1,71	3,28
	Ukupni proteini, g/L	47,96	3,37	11,37	44,70	54,50
	Albumini, g/L	25,77	3,18	10,12	22,00	33,20
	Globulini, g/L	22,89	2,98	16,31	19,21	27,56
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	30,02	8,08	65,24	13,10	43,60
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	9,55	1,89	3,59	7,05	12,31
	Cink, $\mu\text{g/L}$	16,29	4,84	23,41	8,92	23,89

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum;

Prosječna vrijednost glukoze u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi bila je 6,23 mmol/L dok je vrijednost glukoze za P1 skupinu iznosila 6,15 mmol/L. Kod skupine koja je dobivala obrok od biofortificiranih krmiva (P2), prosječna vrijednost glukoze u krvi iznosila je 6,02

mmol/L, a skupina prasadi koja je dobivala nano selen (P3) imala je prosječne vrijednosti glukoze u krvi od 5,72 mmol/L. Između ispitivanih skupina prasadi 22. dan od početka istraživanja nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja glukoze u krvi.

Prosječna vrijednost uree u krvi bila je za kontrolnu skupinu 2,17 mmol/L, a u krvi prasadi koja je dobivala organski selen (P2) prosječna vrijednost uree iznosila je 2,10 mmol/L. Urea u krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) iznosila je 2,13 mmol/L, a kod treće pokusne skupine (P3) prosječna vrijednost uree u krvi bila je 2,53 mmol/L. Statistički značajne razlike nisu utvrđene između skupina u pogledu sadržaja uree u krvi ispitivane prasadi.

Ukupni proteini u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi na početku pokusa (0. dan) iznosili su u prosjeku 48,56 g/L, a za prvu pokusnu skupinu (P1) prosječna vrijednost ukupnih proteina u krvi iznosila je 47,51 g/L. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene vrijednosti ukupnih proteina bile su 49,59 g/L, a kod prasadi treće pokusne skupine (P3) utvrđen je sadržaj ukupnih proteina u krvi u vrijednosti od 47,96 g/L. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina svinja u pogledu sadržaja ukupnih proteina u krvi 22. dan od početku istraživanja.

Sadržaj albumina u kontrolnoj skupini (K) izmjeren je do prosječne razine od 24,90 g/L dok je kod prasadi prve pokusne skupine (P1) prosječna vrijednost albumina iznosila 25,54 g/L. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) sadržaj ukupnih albumina dostigao je prosječnu vrijednost od 24,98 g/L, a kod prasadi iz treće pokusne skupine (P3) izmjerene vrijednosti albumina u krvi na početku istraživanja iznosile su 25,77 g/L. Između dobivenih vrijednosti sadržaja albumina u krvi ispitivane prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Sadržaj globulina u krvi ispitivane prasadi na početku istraživanja se razlikovao između skupina. Tako je kod kontrolne skupine (K) izmjerena prosječna vrijednost od 23,29 g/L, a kod prve pokusne skupine (P1) ta vrijednost iznosila je 24,01 g/L. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) utvrđene su prosječne vrijednosti globulina od 23,17 g/L, a treća pokusna skupina (P3) imala je prosječne vrijednosti globulina u krvi na početku istraživanja od 22,89 g/L. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina svinja u pogledu sadržaja globulina u krvi 22. dan od početku istraživanja.

Vrijednosti željeza u krvi kod prasadi kontrolne skupine (K) na početku istraživanja (0. dan) iznosile su 29,71 $\mu\text{mol/L}$, a kod prve pokusne skupine (P1) sadržaj željeza u krvi prasadi iznosio je 31,86 $\mu\text{mol/L}$. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti željeza od 33,03 $\mu\text{mol/L}$, a prasad treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku

imala 30,02 $\mu\text{mol/L}$ željeza. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina svinja u pogledu sadržaja željeza u krvi 22. dan od početku istraživanja.

Sadržaj bakra u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi na početku istraživanja iznosio je 9,06 $\mu\text{g/L}$, a za prvu pokusnu skupinu (P1) prosječne vrijednosti bakra izmjerene u krvi prasadi iznosile su 10,16 $\mu\text{g/L}$. Drugoj pokusnoj skupini (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti bakra u krvi prasadi od 9,43 $\mu\text{g/L}$ dok je kod treće pokusne skupine (P3) vrijednost sadržaja bakra u krvi prasadi iznosila 9,55 $\mu\text{g/L}$. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina svinja u pogledu sadržaja bakra u krvi 22. dan od početku istraživanja.

Vrijednosti cinka u krvi kod prasadi kontrolne skupine (K) 22. dan od početka istraživanja iznosile su 16,97 $\mu\text{g/L}$, a kod prve pokusne skupine (P1) sadržaj cinka u krvi prasadi iznosio je 17,98 $\mu\text{g/L}$. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti cinka od 18,56 $\mu\text{g/L}$, a prasadi treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku imala 16,29 $\mu\text{g/L}$ cinka. Statistički značajne razlike nisu utvrđene između skupina u pogledu sadržaja cinka u krvi ispitivane prasadi 22. dan.

Biokemijski parametri krvne plazme za prasadi 45. dan istraživanja prikazani su u tablici 27.

Prosječna vrijednost glukoze u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi bila je 4,81 mmol/L, a vrijednost glukoze za P1 skupinu iznosila je 5,37 mmol/L. Kod skupine koja je dobivala obrok od biofortificiranih krmiva (P2), prosječna vrijednost glukoze u krvi iznosila je 5,88 mmol/L, a skupina prasadi koja je dobivala nano selen (P3) imala je prosječne vrijednosti glukoze u krvi od 6,18 mmol/L. Između ispitivanih skupina prasadi 45. dan od početka istraživanja nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja glukoze u krvi.

Prosječna vrijednost uree u krvi bila je za kontrolnu skupinu (K) 3,02 mmol/L, a u krvi prasadi koja je dobivala organski selen (P1) prosječna vrijednost uree iznosila je 2,82 mmol/L. Urea u krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) iznosila je 2,96 mmol/L, a kod treće pokusne skupine (P3) prosječna vrijednost uree u krvi bila je 2,92 mmol/L. Statistički značajne razlike nisu utvrđene između skupina u pogledu sadržaja uree u krvi ispitivane prasadi.

Ukupni proteini u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi 45. dan od početka pokusa iznosili su u prosjeku 57,27 g/L, a za prvu pokusnu skupinu (P1) prosječna vrijednost ukupnih proteina u krvi iznosila je 55,02 g/L. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene vrijednosti ukupnih proteina bile su 56,65 g/L, a kod prasadi treće pokusne skupine (P3) utvrđen je sadržaj ukupnih proteina u krvi u vrijednosti od 56,34 g/L. Nisu utvrđene statistički značajne

razlike između ispitivanih skupina svinja u pogledu sadržaja ukupnih proteina u krvi 45. dan od početku istraživanja.

Tablica 27. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi prasadi 45. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	Glukoza, mmol/L	4,81	0,59	0,35	3,54	5,82
	Urea, mmol/L	3,02	1,15	1,33	1,46	4,77
	Ukupni proteini, g/L	57,27	5,77	33,26	49,00	69,30
	Albumini, g/L	24,28	3,80	14,45	19,20	30,10
	Globulini, g/L	22,66	4,01	15,84	17,69	29,90
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	22,93	7,20	51,88	16,30	41,30
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	11,14	1,96	3,85	7,58	1,72
	Cink, $\mu\text{g/L}$	14,06	8,76	76,72	6,93	37,18
P1	Glukoza, mmol/L	5,37	0,93	0,86	3,61	6,75
	Urea, mmol/L	2,82	0,60	0,37	2,05	4,00
	Ukupni proteini, g/L	55,02	4,00	16,04	49,10	61,60
	Albumini, g/L	26,61	2,98	8,88	22,20	30,70
	Globulini, g/L	23,15	3,87	15,54	17,26	30,11
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	23,90	7,26	52,74	10,90	32,10
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	13,93	3,37	11,36	6,75	18,57
	Cink, $\mu\text{g/L}$	16,27	6,45	41,63	11,61	32,39
P2	Glukoza, mmol/L	5,88	0,72	0,52	4,65	7,12
	Urea, mmol/L	2,96	0,84	0,70	1,91	4,90
	Ukupni proteini, g/L	56,65	6,62	43,80	41,90	64,50
	Albumini, g/L	26,95	4,59	21,09	19,30	34,00
	Globulini, g/L	23,51	3,91	17,24	17,56	28,25
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	33,14*	13,74	18,74	7,10	59,00
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	8,74	4,55	20,71	0,99	15,19
	Cink, $\mu\text{g/L}$	20,10	13,18	17,30	6,24	46,83
P3	Glukoza, mmol/L	6,18	2,16	4,66	4,51	12,04
	Urea, mmol/L	2,92	1,05	1,11	1,86	5,61
	Ukupni proteini, g/L	56,34	3,94	15,50	49,10	63,50
	Albumini, g/L	27,94	3,89	15,12	19,70	32,10
	Globulini, g/L	24,15	3,18	18,34	19,62	29,55
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	30,11	9,48	89,94	18,10	43,80
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	9,28	4,51	20,30	1,59	18,44
	Cink, $\mu\text{g/L}$	17,79	9,50	90,26	6,12	36,05

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; * = $P < 0.05$;

Sadržaj albumina u kontrolnoj skupini (K) izmjeren je do prosječne razine od 24,28 g/L dok je kod prasadi prve pokusne skupine (P1) prosječna vrijednost albumina iznosila 26,61 g/L. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) sadržaj ukupnih albumina dostigao je prosječnu vrijednost od 26,95 g/L, a kod prasadi iz treće pokusne skupine (P3) izmjerene vrijednosti albumina u krvi na početku istraživanja iznosile su 27,94 g/L. Između dobivenih vrijednosti sadržaja albumina u krvi ispitivane prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Sadržaj globulina u krvi ispitivane prasadi na početku istraživanja se razlikovao između skupina. Tako je kod kontrolne skupine izmjerena prosječna vrijednost od 22,66 g/L, a kod prve pokusne skupine (P1) ta vrijednost iznosila je 23,15 g/L. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) utvrđene su prosječne vrijednosti globulina od 23,51 g/L, a treća pokusna skupina (P3) imala je prosječne vrijednosti globulina u krvi koja je iznosila 24,15 g/L. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina svinja u pogledu sadržaja globulina u krvi 45. dan od početku istraživanja.

Vrijednosti željeza u krvi kod prasadi kontrolne skupine (K) 45. dan od početka istraživanja iznosile su 22,93 $\mu\text{mol/L}$, a kod prve pokusne skupine (P1) sadržaj željeza u krvi prasadi iznosio je 23,90 $\mu\text{mol/L}$. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti željeza od 33,14 $\mu\text{mol/L}$, a prasadi treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku imala 30,11 $\mu\text{mol/L}$ željeza. Između kontrolne (K) i prve (P1) pokusne skupine utvrđena je statistički značajna ($P < 0.05$) razlika u pogledu sadržaja željeza u odnosu prema drugoj pokusnoj skupini (P2).

Sadržaj bakra u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi na početku istraživanja iznosio je 11,14 $\mu\text{g/L}$, a za prvu pokusnu skupinu (P1) prosječne vrijednosti bakra izmjerene u krvi prasadi iznosile su 13,93 $\mu\text{g/L}$. Drugoj pokusnoj skupini (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti bakra u krvi prasadi od 8,74 $\mu\text{g/L}$ dok je kod treće pokusne skupine (P3) vrijednost sadržaja bakra u krvi prasadi iznosila 9,28 $\mu\text{g/L}$. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina svinja u pogledu sadržaja bakra u krvi 45. dan od početku istraživanja.

Vrijednosti cinka u krvi kod prasadi kontrolne skupine (K) 45. dan od početka istraživanja iznosile su 14,06 $\mu\text{g/L}$, a kod prve pokusne skupine sadržaj cinka u krvi prasadi iznosio je 16,27 $\mu\text{g/L}$. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti cinka od 20,10 $\mu\text{g/L}$, a prasadi treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku imala 17,79 $\mu\text{g/L}$ cinka. Statistički značajne razlike nisu utvrđene između skupina u pogledu sadržaja cinka u krvi ispitivane prasadi 45. dan.

Biokemijski parametri krvne plazme za žensku prasad prvog dana istraživanja prikazani su u tablici 28.

Prosječna vrijednost glukoze u krvi kod kontrolne skupine (K) ženske prasadi bila je 6,14 mmol/L, a vrijednost glukoze za P1 skupinu iznosila je 7,27 mmol/L. Kod skupine koja je dobivala obrok od biofortificiranih krmiva (P2) prosječna vrijednost glukoze u krvi iznosila je 6,09 mmol/L, a skupina ženske prasadi koja je dobivala nano selen (P3) imala je prosječne vrijednosti glukoze u krvi od 5,58 mmol/L. Između ispitivanih skupina prasadi 0. dan od početka istraživanja nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja glukoze u krvi kod ženske prasadi.

Prosječna vrijednost uree u krvi bila je za kontrolnu skupinu 2,09 mmol/L, a u krvi prasadi koja je dobivala organski selen (P1) prosječna vrijednost uree iznosila je 2,83 mmol/L. Urea u krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) iznosila je 2,09 mmol/L, a kod treće pokusne skupine (P3) prosječna vrijednost uree u krvi bila je 2,61 mmol/L. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između skupina u pogledu sadržaja uree u krvi ispitivane ženske prasadi.

Ukupni proteini u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi na početku pokusa (0. dan) iznosili su u prosjeku 45,92 g/L, a za prvu pokusnu skupinu (P1) prosječna vrijednost ukupnih proteina u krvi iznosila je 56,34 g/L. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene vrijednosti ukupnih proteina bile su 47,84 g/L, a kod ženske prasadi treće pokusne skupine (P3) utvrđen je sadržaj ukupnih proteina u krvi u vrijednosti od 52,84 g/L. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina svinja u pogledu sadržaja ukupnih proteina u krvi ženske prasadi 0. dan od početka istraživanja.

Sadržaj albumina u kontrolnoj skupini (K) izmjeren je do prosječne razine od 23,82 g/L dok je kod prasadi prve pokusne skupine prosječna vrijednost albumina iznosila 28,66 g/L. U krvi ženske prasadi druge pokusne skupine (P2) sadržaj ukupnih albumina dostigao je prosječnu vrijednost od 28,76 g/L, a kod prasadi iz treće pokusne skupine (P3) izmjerene vrijednosti albumina u krvi na početku istraživanja iznosile su 25,26 g/L. Između dobivenih vrijednosti sadržaja albumina u krvi ispitivane ženske prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Sadržaj globulina u krvi ispitivane prasadi na početku istraživanja se razlikovao između skupina. Tako je kod kontrolne skupine (K) izmjerena prosječna vrijednost od 22,10 g/L, a kod prve pokusne skupine (P1) ta vrijednost iznosila je 27,68 g/L. U krvi ženske prasadi druge pokusne skupine (P2) utvrđene su prosječne vrijednosti globulina od 19,08 g/L, a treća pokusna skupina (P3) imala je prosječne vrijednosti globulina u krvi na početku istraživanja od 27,58 g/L. Između prve i treće (P1 i P3) pokusne skupine utvrđena je statistički značajna ($P < 0.05$) razlika u

pogledu sadržaja globulina u krvi ispitivane ženske prasadi na početku testiranja u odnosu na drugu pokusnu (P2) skupinu.

Tablica 28. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi ženske prasadi 0. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	Glukoza, mmol/L	6,14	0,90	0,81	5,34	7,42
	Urea, mmol/L	2,09	0,43	0,18	1,50	2,60
	Ukupni proteini, g/L	45,92	5,22	27,21	39,20	53,10
	Albumini, g/L	23,82	3,24	10,53	19,10	27,90
	Globulini, g/L	22,10	3,07	9,43	19,00	25,60
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	29,34	7,53	56,66	20,70	41,40
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	14,68	2,20	4,83	12,24	16,94
	Cink, $\mu\text{g/L}$	5,74	0,75	0,56	5,18	6,93
P1	Glukoza, mmol/L	7,27	2,77	7,66	4,85	12,04
	Urea, mmol/L	2,83	0,53	0,28	2,07	3,51
	Ukupni proteini, g/L	56,34	5,50	30,21	49,10	63,50
	Albumini, g/L	28,66	3,08	9,49	24,40	31,40
	Globulini, g/L	27,68*	3,21	10,29	24,50	32,10
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	28,98	8,19	67,10	18,10	40,20
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	14,64	1,54	2,37	13,39	17,08
	Cink, $\mu\text{g/L}$	5,84	0,62	0,38	5,30	6,65
P2	Glukoza, mmol/L	6,09	1,34	1,79	4,68	7,99
	Urea, mmol/L	2,09	1,58	2,50	1,29	4,91
	Ukupni proteini, g/L	47,84	2,90	8,44	44,90	52,70
	Albumini, g/L	28,76	3,86	14,87	24,50	34,80
	Globulini, g/L	19,08	2,13	4,53	17,60	22,80
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	19,54	5,07	25,73	11,80	25,60
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	17,29	1,89	3,56	15,02	19,99
	Cink, $\mu\text{g/L}$	6,55	1,09	1,19	5,81	8,42
P3	Glukoza, mmol/L	5,68	0,50	0,25	5,27	6,49
	Urea, mmol/L	2,61	0,64	0,41	1,82	3,38
	Ukupni proteini, g/L	52,84	9,53	90,82	41,90	64,50
	Albumini, g/L	25,26	3,40	11,53	19,30	27,80
	Globulini, g/L	27,58*	8,31	69,12	19,70	38,50
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	32,34**	5,06	25,59	26,20	39,60
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	14,11	1,48	2,20	11,63	15,28
	Cink, $\mu\text{g/L}$	5,85	0,54	0,29	5,13	6,39

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; ** = $P < 0.01$; * = $P < 0.05$;

Vrijednosti željeza u krvi kod prasadi kontrolne skupine (K) na početku istraživanja (0. dan) iznosile su 29,34 $\mu\text{mol/L}$, a kod prve pokusne skupine (P1) sadržaj željeza u krvi prasadi iznosio je 28,88 $\mu\text{mol/L}$. U krvi ženske prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti željeza od 19,54 $\mu\text{mol/L}$, a prasad treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku imala 32,34 $\mu\text{mol/L}$ željeza. Između druge (P2) i treće (P3) pokusne skupine utvrđena je statistički visoko značajna ($P < 0.01$) razlika u pogledu sadržaja željeza u krvi ženske prasadi.

Sadržaj bakra u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi na početku istraživanja iznosio je 14,68 $\mu\text{g/L}$, a za prvu pokusnu skupinu (P1) prosječne vrijednosti bakra izmjerene u krvi prasadi iznosile su 14,64 $\mu\text{g/L}$. Drugoj pokusnoj skupini (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti bakra u krvi ženske prasadi od 17,29 $\mu\text{g/L}$ dok je kod treće pokusne skupine (P3) vrijednost sadržaja bakra u krvi ženske prasadi iznosila 14,11 $\mu\text{g/L}$. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi u pogledu sadržaja bakra u krvi 0. dan od početka istraživanja.

Vrijednosti cinka u krvi kod prasadi kontrolne skupine (K) 0. dan od početka istraživanja iznosile su 5,74 $\mu\text{g/L}$, a kod prve pokusne skupine (P1) sadržaj cinka u krvi prasadi iznosio je 5,84 $\mu\text{g/L}$. U krvi ženske prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti cinka od 6,55 $\mu\text{g/L}$, a prasad treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku imala 6,85 $\mu\text{g/L}$ cinka. Statistički značajne razlike nisu utvrđene između skupina u pogledu sadržaja cinka u krvi ispitivane ženske prasadi 0. dan.

Biokemijski parametri krvne plazme za žensku prasad 22. dan istraživanja prikazani su u tablici 29.

Prosječna vrijednost glukoze u krvi kod kontrolne skupine (K) ženske prasadi bila je 6,32 mmol/L, a vrijednost glukoze za P1 skupinu iznosila je 6,00 mmol/L. Kod skupine koja je dobivala obrok od biofortificiranih krmiva (P2) prosječna vrijednost glukoze u krvi iznosila je 6,02 mmol/L, a skupina ženske prasadi koja je dobivala nano selen (P3) imala je prosječne vrijednosti glukoze u krvi od 5,91 mmol/L. Između ispitivanih skupina prasadi 22. dan od početka istraživanja nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja glukoze u krvi kod ženske prasadi.

Prosječna vrijednost uree u krvi bila je za kontrolnu skupinu (K) 2,05 mmol/L, a u krvi prasadi koja je dobivala organski selen (P1) prosječna vrijednost uree iznosila je 1,75 mmol/L. Urea u krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) iznosila je 2,01 mmol/L, a kod treće pokusne skupine (P3) prosječna vrijednost uree u krvi bila je 2,72 mmol/L. Između prve (P1) i treće (P3)

pokusne skupine utvrđena je statistički značajna ($P<0.05$) razlika u pogledu sadržaja uree u krvi ženske prasadi.

Tablica 29. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi ženske prasadi 22. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	Glukoza, mmol/L	6,32	0,40	0,16	5,78	6,72
	Urea, mmol/L	2,05	0,57	0,33	1,16	2,60
	Ukupni proteini, g/L	49,48	3,07	9,45	44,80	53,10
	Albumini, g/L	25,54	1,82	3,31	23,00	27,90
	Globulini, g/L	23,15	4,22	8,88	17,69	25,36
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	31,86	5,43	29,53	28,00	41,40
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	8,87	4,20	17,61	2,19	12,48
	Cink, $\mu\text{g/L}$	19,33	10,90	18,78	10,44	37,54
P1	Glukoza, mmol/L	6,00	0,24	0,06	5,77	6,40
	Urea, mmol/L	1,75	0,61	0,38	0,98	2,37
	Ukupni proteini, g/L	48,26	1,72	2,96	45,50	49,90
	Albumini, g/L	26,22	1,47	2,15	24,90	28,70
	Globulini, g/L	22,47	3,71	9,16	18,56	26,14
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	30,40	3,05	9,30	27,10	35,40
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	9,88	1,08	1,16	8,27	10,92
	Cink, $\mu\text{g/L}$	18,71	5,46	29,79	13,46	26,06
P2	Glukoza, mmol/L	6,02	0,47	0,22	5,59	6,65
	Urea, mmol/L	2,01	0,74	0,55	1,35	2,90
	Ukupni proteini, g/L	50,66	2,86	8,16	48,00	54,40
	Albumini, g/L	24,68	4,88	23,77	17,40	30,50
	Globulini, g/L	26,82*	4,17	9,89	22,41	31,65
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	33,08	13,69	18,32	20,20	53,60
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	9,20	1,44	2,06	7,75	11,39
	Cink, $\mu\text{g/L}$	19,66	7,10	50,40	10,82	27,63
P3	Glukoza, mmol/L	5,91	0,52	0,27	5,01	6,30
	Urea, mmol/L	2,72	0,53	0,28	1,89	3,28
	Ukupni proteini, g/L	48,88	3,57	12,77	46,20	54,50
	Albumini, g/L	27,20	3,70	13,71	23,50	33,20
	Globulini, g/L	20,00	3,34	4,28	18,21	24,35
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	29,72	11,86	14,61	13,10	43,60
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	10,57	1,63	2,66	8,58	12,31
	Cink, $\mu\text{g/L}$	18,00	4,39	19,25	12,53	23,89

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; * = $P<0.05$;

Ukupni proteini u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi na 22. dan iznosili su u prosjeku 49,48 g/L, a za prvu pokusnu skupinu (P1) prosječna vrijednost ukupnih proteina u krvi iznosila je 48,26 g/L. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene vrijednosti ukupnih proteina bile su 50,66 g/L, a kod ženske prasadi treće pokusne skupine (P3) utvrđen je sadržaj ukupnih proteina u krvi u vrijednosti od 48,88 g/L.

Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina svinja u pogledu sadržaja ukupnih proteina u krvi ženske prasadi 22. dan od početku istraživanja.

Sadržaj albumina u kontrolnoj skupini (K) izmjeren je do prosječne razine od 24,54 g/L dok je kod prasadi prve pokusne skupine (P1) prosječna vrijednost albumina iznosila 26,22 g/L. U krvi ženske prasadi druge pokusne skupine (P2) sadržaj ukupnih albumina dostigao je prosječnu vrijednost od 24,68 g/L, a kod prasadi iz treće pokusne skupine izmjerene vrijednosti albumina u krvi na početku istraživanja iznosile su 27,20 g/L. Između dobivenih vrijednosti sadržaja albumina u krvi ispitivane ženske prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Sadržaj globulina u krvi ispitivane prasadi na početku istraživanja se razlikovao između skupina. Tako je kod kontrolne skupine (K) izmjerena prosječna vrijednost od 23,15 g/L, a kod prve pokusne skupine (P1) ta vrijednost iznosila je 22,47 g/L. U krvi ženske prasadi druge pokusne skupine (P2) utvrđene su prosječne vrijednosti globulina od 26,82 g/L, a treća pokusna skupina (P3) imala je prosječne vrijednosti globulina u krvi na početku istraživanja od 20,00 g/L. Između druge i treće (P2 i P3) pokusne skupine utvrđena je statistički značajna ($P < 0.05$) razlika u pogledu sadržaja globulina u krvi ispitivane ženske prasadi 22. dan od početka ispitivanja.

Vrijednosti željeza u krvi kod prasadi kontrolne skupine (K) 22. dan od početka istraživanja iznosile su 31,86 $\mu\text{mol/L}$, a kod prve pokusne skupine (P1) sadržaj željeza u krvi prasadi iznosio je 30,40 $\mu\text{mol/L}$. U krvi ženske prasadi druge pokusne (P2) skupine izmjerene su prosječne vrijednosti željeza od 33,08 $\mu\text{mol/L}$, a prasadi treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku imala 29,72 $\mu\text{mol/L}$ željeza. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između skupina u pogledu sadržaja željeza u krvi ispitivane ženske prasadi 22. dan.

Sadržaj bakra u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi na početku istraživanja iznosio je 8,87 $\mu\text{g/L}$, a za prvu pokusnu skupinu (P1) prosječne vrijednosti bakra izmjerene u krvi prasadi iznosile su 9,88 $\mu\text{g/L}$. Drugoj pokusnoj skupini (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti bakra u krvi ženske prasadi od 9,20 $\mu\text{g/L}$ dok je kod treće pokusne skupine (P3) vrijednost sadržaja bakra u krvi ženske prasadi iznosila 10,57 $\mu\text{g/L}$. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi u pogledu sadržaja bakra u krvi 22. dan od početka istraživanja.

Vrijednosti cinka u krvi kod prasadi kontrolne skupine (K) 22. dan od početka istraživanja iznosile su 19,33 µg/L, a kod prve pokusne skupine (P1) sadržaj cinka u krvi prasadi iznosio je 18,77 µg/L. U krvi ženske prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti cinka od 19,66 µg/L, a prasad treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku imala 18,00 µg/L cinka. Statistički značajne razlike nisu utvrđene između skupina u pogledu sadržaja cinka u krvi ispitivane ženske prasadi 22. dan.

Biokemijski parametri krvne plazme za žensku prasad 45. dan istraživanja prikazani su u tablici 30.

Prosječna vrijednost glukoze u krvi kod kontrolne skupine (K) ženske prasadi bila je 4,89 mmol/L, a vrijednost glukoze za P1 skupinu iznosila je 5,08 mmol/L. Kod skupine koja je dobivala obrok od biofortificiranih krmiva (P2) prosječna vrijednost glukoze u krvi iznosila je 5,85 mmol/L, a skupina ženske prasadi koja je dobivala nano selen (P3) imala je prosječne vrijednosti glukoze u krvi od 5,38 mmol/L. Između ispitivanih skupina prasadi 45. dan od početka istraživanja nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja glukoze u krvi kod ženske prasadi.

Prosječna vrijednost uree u krvi bila je za kontrolnu skupinu (K) 3,57 mmol/L, a u krvi prasadi koja je dobivala organski selen (P1) prosječna vrijednost uree iznosila je 2,94 mmol/L. Urea u krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) iznosila je 3,09 mmol/L, a kod treće pokusne skupine (P3) prosječna vrijednost uree u krvi bila je 2,54 mmol/L. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja uree u krvi ženske prasadi 45. dan.

Ukupni proteini u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi na 45. dan iznosili su u prosjeku 58,76 g/L, a za prvu pokusnu skupinu (P1) prosječna vrijednost ukupnih proteina u krvi iznosila je 56,76 g/L. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene vrijednosti ukupnih proteina bile su 53,22 g/L, a kod ženske prasadi treće pokusne skupine (P3) utvrđen je sadržaj ukupnih proteina u krvi u vrijednosti od 56,42 g/L. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina svinja u pogledu sadržaja ukupnih proteina u krvi ženske prasadi 45. dan od početka istraživanja.

Sadržaj albumina u kontrolnoj skupini (K) izmjeren je do prosječne razine od 24,72 g/L dok je kod prasadi prve pokusne skupine (P1) prosječna vrijednost albumina iznosila 26,86 g/L. U krvi ženske prasadi druge pokusne skupine (P2) sadržaj ukupnih albumina dostigao je prosječnu vrijednost od 24,64 g/L, a kod prasadi iz treće pokusne skupine (P3) izmjerene vrijednosti albumina u krvi 45. dan od početka istraživanja iznosile su 26,72 g/L. Između dobivenih

vrijednosti sadržaja albumina u krvi ispitivane ženske prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Tablica 30. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi ženske prasadi 45. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	Glukoza, mmol/L	4,89	0,30	0,09	4,49	5,19
	Urea, mmol/L	3,57	1,34	1,79	1,81	4,77
	Ukupni proteini, g/L	58,76	6,29	39,62	52,50	69,30
	Albumini, g/L	24,72	4,94	24,36	19,20	30,10
	Globulini, g/L	24,24	3,72	9,18	18,33	27,21
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	24,56	9,63	92,78	18,80	41,30
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	10,83 ^A	2,72	7,39	7,58	13,72
	Cink, $\mu\text{g/L}$	17,37	11,89	14,26	6,93	37,18
P1	Glukoza, mmol/L	5,08	1,12	1,26	3,61	6,75
	Urea, mmol/L	2,94	0,86	0,74	2,05	4,00
	Ukupni proteini, g/L	56,76	4,94	24,44	49,10	61,60
	Albumini, g/L	26,86	3,33	11,07	23,30	30,70
	Globulini, g/L	23,28	4,63	9,37	17,44	25,84
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	21,48	8,98	80,63	10,90	32,10
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	15,99*	2,37	5,60	13,15	18,57
	Cink, $\mu\text{g/L}$	14,17	3,80	14,47	11,61	20,53
P2	Glukoza, mmol/L	5,85	0,95	0,91	4,65	7,12
	Urea, mmol/L	3,09	1,13	1,27	1,91	4,90
	Ukupni proteini, g/L	53,22	7,70	59,29	41,90	62,50
	Albumini, g/L	24,64	4,86	23,61	19,30	31,20
	Globulini, g/L	25,62	3,88	8,91	21,21	29,27
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	36,00**	19,05	36,06	7,10	59,00
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	6,81	6,43	41,29	0,99	15,19
	Cink, $\mu\text{g/L}$	22,86	17,99	23,57	6,24	46,83
P3	Glukoza, mmol/L	5,38	0,63	0,39	4,51	6,24
	Urea, mmol/L	2,54	0,44	0,19	1,86	3,01
	Ukupni proteini, g/L	56,42	2,07	4,30	53,10	58,60
	Albumini, g/L	26,72	4,49	20,14	19,70	30,80
	Globulini, g/L	23,00	4,34	6,28	17,26	25,14
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	31,82*	9,07	28,29	19,00	43,80
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	7,74	4,04	16,16	1,59	11,43
	Cink, $\mu\text{g/L}$	18,90	10,91	18,98	6,66	36,5

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; ** = $P < 0.01$; * = $P < 0.05$;

Sadržaj globulina u krvi ispitivane prasadi na početku istraživanja nije se puno razlikovao između skupina. Tako je kod kontrolne skupine (K) izmjerena prosječna vrijednost od 24,24 g/L, a kod prve pokusne skupine (P1) ta vrijednost iznosila je 23,28 g/L. U krvi ženske prasadi druge pokusne skupine (P2) utvrđene su prosječne vrijednosti globulina od 25,62 g/L, a treća pokusna skupina (P3) imala je prosječne vrijednosti globulina u krvi na početku istraživanja od 23,00 g/L. Između dobivenih vrijednosti sadržaja globulina u krvi ispitivane ženske prasadi 45. dan nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina.

Vrijednosti željeza u krvi kod prasadi kontrolne skupine (K) na kraju istraživanja (45. dan) iznosile su 24,56 $\mu\text{mol/L}$, a kod prve pokusne skupine (P1) sadržaj željeza u krvi prasadi iznosio je 21,48 $\mu\text{mol/L}$. U krvi ženske prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti željeza od 36,00 $\mu\text{mol/L}$, a prasad treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku imala 31,85 $\mu\text{mol/L}$ željeza. Između prve (P1) te druge (P2) i treće (P3) pokusne skupine utvrđena je statistički visoko značajna ($P < 0.01$) razlika u pogledu sadržaja željeza u krvi ženske prasadi 45. dan.

Sadržaj bakra u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi na početku istraživanja iznosio je 10,83 $\mu\text{g/L}$, a za prvu pokusnu skupinu (P1) prosječne vrijednosti bakra izmjerene u krvi prasadi iznosile su 15,89 $\mu\text{g/L}$. Drugoj pokusnoj skupini (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti bakra u krvi ženske prasadi od 6,81 $\mu\text{g/L}$ dok je kod treće pokusne skupine (P3) vrijednost sadržaja bakra u krvi ženske prasadi iznosila 7,74 $\mu\text{g/L}$. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi u pogledu sadržaja bakra u krvi 0. dan od početka istraživanja. Između kontrolne (K) te druge i treće (P2 i P3) pokusne skupine utvrđena je statistički značajna ($P < 0.05$) razlika u pogledu sadržaja globulina u krvi ispitivane ženske prasadi 45. dan od početka ispitivanja u odnosu na prvu pokusnu (P1) skupinu.

Vrijednosti cinka u krvi kod prasadi kontrolne skupine (K) 45. dan od početka istraživanja iznosile su 17,37 $\mu\text{g/L}$, a kod prve pokusne skupine (P1) sadržaj cinka u krvi prasadi iznosio je 14,17 $\mu\text{g/L}$. U krvi ženske prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti cinka od 22,86 $\mu\text{g/L}$, a prasad treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku imala 18,90 $\mu\text{g/L}$ cinka. Između prve (P1) i druge (P2) pokusne skupine utvrđena je statistički značajna ($P < 0.05$) razlika u pogledu sadržaja cinka krvi ispitivane ženske prasadi 45. dan od početka ispitivanja.

Biokemijski parametri krvne plazme za mušku prasad 0. dan istraživanja prikazani su u tablici 31.

Prosječna vrijednost glukoze u krvi kod kontrolne skupine (K) muške prasadi bila je 6,28 mmol/L, a vrijednost glukoze za P1 skupinu iznosila je 4,88 mmol/L. Kod skupine koja je dobivala obrok od biofortificiranih krmiva (P2) prosječna vrijednost glukoze u krvi iznosila je 5,93 mmol/L, a skupina muške prasadi koja je dobivala nano selen (P3) imala je prosječne vrijednosti glukoze u krvi od 5,58 mmol/L. Između ispitivanih skupina prasadi 0. dan od početka istraživanja nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja glukoze u krvi kod muške prasadi.

Prosječna vrijednost uree u krvi bila je za kontrolnu skupinu (K) 1,47 mmol/L, a u krvi prasadi koja je dobivala organski selen (P1) prosječna vrijednost uree iznosila je 2,15 mmol/L. Urea u krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) iznosila je 1,90 mmol/L, a kod treće pokusne skupine (P3) prosječna vrijednost uree u krvi bila je 2,29 mmol/L. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja uree u krvi muške prasadi 0. dan.

Ukupni proteini u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi na 0. dan iznosili su u prosjeku 49,54 g/L, a za prvu pokusnu skupinu (P1) prosječna vrijednost ukupnih proteina u krvi iznosila je 56,18 g/L. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene vrijednosti ukupnih proteina bile su 49,38 g/L, a kod muške prasadi treće pokusne skupine (P3) utvrđen je sadržaj ukupnih proteina u krvi u vrijednosti od 48,28 g/L. Iako su kod prve pokusne skupine (P1) utvrđene najviše vrijednosti ukupnih proteina, nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina svinja u pogledu sadržaja istih u krvi muške prasadi 0. dan od početka istraživanja.

Sadržaj albumina u kontrolnoj skupini (K) izmjeren je do prosječne razine od 27,30 g/L dok je kod prasadi prve pokusne skupine (P1) prosječna vrijednost albumina iznosila 22,14 g/L. U krvi muške prasadi druge pokusne skupine (P2) sadržaj ukupnih albumina dostigao je prosječnu vrijednost od 28,64 g/L, a kod prasadi iz treće pokusne skupine (P3) izmjerene vrijednosti albumina u krvi na početku istraživanja iznosile su 25,34 g/L. Između dobivenih vrijednosti sadržaja albumina u krvi ispitivane muške prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Sadržaj globulina u krvi ispitivane prasadi na početku istraživanja nije se značajno razlikovao između skupina. Tako je kod kontrolne skupine (K) izmjerena prosječna vrijednost od 24,24 g/L, a kod prve pokusne skupine (P1) ta vrijednost iznosila je 22,14 g/L. U krvi muške prasadi druge pokusne skupine (P2) utvrđene su prosječne vrijednosti globulina od 20,74 g/L, a treća pokusna skupina (P3) imala je prosječne vrijednosti globulina u krvi na početku istraživanja od 22,86 g/L. Između dobivenih vrijednosti sadržaja globulina u krvi ispitivane muške prasadi 0. dan nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina.

Tablica 31. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi muške prasadi 0. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	Glukoza, mmol/L	6,28	0,63	0,40	5,34	7,03
	Urea, mmol/L	1,47	0,36	0,13	1,00	1,99
	Ukupni proteini, g/L	49,54	3,05	9,31	45,90	53,60
	Albumini, g/L	27,30	6,31	39,84	17,40	32,80
	Globulini, g/L	22,24	5,09	25,87	18,80	31,20
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	19,40	2,66	7,08	16,40	22,00
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	13,35	2,04	4,18	9,92	15,43
	Cink, $\mu\text{g/L}$	5,13	0,62	0,38	4,63	6,21
P1	Glukoza, mmol/L	4,88	0,91	0,82	3,54	5,82
	Urea, mmol/L	2,15	0,65	0,43	1,46	3,10
	Ukupni proteini, g/L	56,18	2,27	5,13	53,10	58,60
	Albumini, g/L	22,14	3,28	10,76	19,20	26,40
	Globulini, g/L	34,04	5,41	29,22	28,20	38,90
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	23,56	7,93	62,84	16,30	35,70
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	13,31	3,59	12,86	9,08	18,98
	Cink, $\mu\text{g/L}$	5,48	0,47	0,22	4,91	6,15
P2	Glukoza, mmol/L	5,93	0,61	0,37	5,02	6,67
	Urea, mmol/L	1,90	0,20	0,04	1,60	2,14
	Ukupni proteini, g/L	49,38	2,61	6,79	46,30	52,20
	Albumini, g/L	28,64	1,80	3,23	26,40	30,70
	Globulini, g/L	20,74	1,07	1,15	18,90	21,50
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	20,20	3,68	13,52	15,30	24,00
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	14,25	1,05	1,11	13,08	15,85
	Cink, $\mu\text{g/L}$	5,75	1,34	1,80	4,23	7,77
P3	Glukoza, mmol/L	5,58	0,41	0,17	5,01	5,94
	Urea, mmol/L	2,21	0,70	0,49	1,31	3,05
	Ukupni proteini, g/L	48,20	3,09	9,53	45,50	52,80
	Albumini, g/L	25,34	1,41	1,99	23,50	27,20
	Globulini, g/L	22,86	2,04	4,15	20,60	25,60
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	27,56*	8,62	34,28	13,10	35,40
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	14,15	1,29	1,66	12,01	15,31
	Cink, $\mu\text{g/L}$	5,17	0,76	0,58	4,34	6,25

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; * = $P < 0.05$;

Vrijednosti željeza u krvi kod muške prasadi kontrolne skupine (K) na početku istraživanja (0. dan) iznosile su 19,40 $\mu\text{mol/L}$, a kod prve pokusne skupine (P1) sadržaj željeza u krvi prasadi iznosio je 23,56 $\mu\text{mol/L}$. U krvi muške prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti željeza od 20,20 $\mu\text{mol/L}$, a prasad treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku

imala 27,56 $\mu\text{mol/L}$ željeza. Između kontrolne (K) i druge pokusne skupine (P2) utvrđena je statistički značajna ($P < 0.05$) razlika u pogledu sadržaja željeza u krvi muške prasadi 0. dan u odnosu na treću pokusnu skupinu (P3).

Sadržaj bakra u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi na početku istraživanja iznosio je 13,35 $\mu\text{g/L}$, a za prvu pokusnu skupinu (P1) prosječne vrijednosti bakra izmjerene u krvi prasadi iznosile su 13,31 $\mu\text{g/L}$. Drugoj pokusnoj skupini (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti bakra u krvi muške prasadi od 14,25 $\mu\text{g/L}$, dok je kod treće pokusne skupine (P3) vrijednost sadržaja bakra u krvi muške prasadi iznosila 14,15 $\mu\text{g/L}$. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi u pogledu sadržaja bakra u krvi 0. dan od početku istraživanja.

Vrijednosti cinka u krvi kod prasadi kontrolne skupine (K) 0. dan od početku istraživanja iznosile su 5,13 $\mu\text{g/L}$, a kod prve pokusne skupine (P1) sadržaj cinka u krvi prasadi iznosio je 5,48 $\mu\text{g/L}$. U krvi muške prasadi druge pokusne (P2) skupine izmjerene su prosječne vrijednosti cinka od 5,75 $\mu\text{g/L}$, a prasadi treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku imala 5,17 $\mu\text{g/L}$ cinka. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi u pogledu sadržaja bakra u krvi 0. dan od početku istraživanja.

Biokemijski parametri krvne plazme za mušku prasadu 22. dan istraživanja prikazani su u tablici 32.

Prosječna vrijednost glukoze u krvi kod kontrolne skupine (K) muške prasadi bila je 5,89 mmol/L, a vrijednost glukoze za P1 skupinu iznosila je 6,01 mmol/L.

Kod skupine koja je dobivala obrok od biofortificiranih krmiva (P2), prosječna vrijednost glukoze u krvi iznosila je 6,01 mmol/L, a skupina muške prasadi koja je dobivala nano selen (P3) imala je prosječne vrijednosti glukoze u krvi od 5,53 mmol/L. Između ispitivanih skupina prasadi 22. dan od početka istraživanja nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja glukoze u krvi kod muške prasadi.

Prosječna vrijednost uree u krvi bila je za kontrolnu skupinu (K) 2,28 mmol/L, a u krvi prasadi koja je dobivala organski selen (P1), prosječna vrijednost uree iznosila je 2,46 mmol/L. Urea u krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) iznosila je 2,25 mmol/L, a kod treće pokusne skupine (P3) prosječna vrijednost uree u krvi bila je 2,34 mmol/L. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja uree u krvi muške prasadi 22. dan.

Tablica 32. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi muške prasadi 22. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	Glukoza, mmol/L	5,89	0,81	0,66	5,45	7,42
	Urea, mmol/L	2,28	0,16	0,03	2,05	2,46
	Ukupni proteini, g/L	47,64	6,45	41,66	39,20	54,90
	Albumini, g/L	24,26	2,96	8,75	19,10	26,40
	Globulini, g/L	23,24	6,19	22,17	19,34	28,21
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	27,56	5,92	35,02	20,70	37,00
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	9,24	2,24	5,01	6,84	11,82
	Cink, $\mu\text{g/L}$	14,61	3,04	9,26	9,31	16,78
P1	Glukoza, mmol/L	6,01	0,45	0,20	5,85	6,89
	Urea, mmol/L	2,46	0,46	0,21	1,82	3,03
	Ukupni proteini, g/L	46,76	3,54	12,51	42,30	50,70
	Albumini, g/L	24,86	2,44	5,96	22,30	27,80
	Globulini, g/L	24,04	4,18	24,22	22,16	37,69
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	33,32*	6,99	48,93	26,20	44,00
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	10,45	3,31	10,94	4,54	12,23
	Cink, $\mu\text{g/L}$	17,25	7,56	27,22	10,82	30,02
P2	Glukoza, mmol/L	6,01	0,57	0,32	5,34	6,87
	Urea, mmol/L	2,25	0,62	0,39	1,50	3,05
	Ukupni proteini, g/L	48,52	5,19	26,99	44,00	56,60
	Albumini, g/L	25,28	3,25	10,53	22,30	30,30
	Globulini, g/L	23,74	2,07	23,15	16,90	27,56
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	32,98	5,06	25,61	27,90	40,40
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	9,66	2,36	5,57	7,15	12,96
	Cink, $\mu\text{g/L}$	17,46	4,50	20,25	10,04	21,36
P3	Glukoza, mmol/L	5,53	0,54	0,29	4,70	6,01
	Urea, mmol/L	2,34	0,48	0,23	1,71	3,05
	Ukupni proteini, g/L	47,04	3,27	10,70	44,70	52,80
	Albumini, g/L	24,34	1,99	3,96	22,00	27,20
	Globulini, g/L	24,16	3,47	4,23	19,55	28,61
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	30,32	2,44	5,95	26,60	33,00
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	8,54	1,69	2,85	7,05	11,38
	Cink, $\mu\text{g/L}$	14,58	5,11	26,09	8,92	21,83

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; * = $P < 0.05$;

Ukupni proteini u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi na 22. dan iznosili su u prosjeku 47,64 g/L, a za prvu pokusnu skupinu (P1) prosječna vrijednost ukupnih proteina u krvi iznosila je 46,76 g/L. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene vrijednosti ukupnih proteina

bile su 48,52 g/L, a kod muške prasadi treće pokusne skupine (P3) utvrđen je sadržaj ukupnih proteina u krvi u vrijednosti od 47,04 g/L. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina svinja u pogledu sadržaja ukupnih proteina u krvi muške prasadi 22. dan od početku istraživanja.

Sadržaj albumina u kontrolnoj skupini (K) izmjeren je do prosječne razine od 24,26 g/L, dok je kod prasadi prve pokusne skupine (P1) prosječna vrijednost albumina iznosila 24,86 g/L. U krvi muške prasadi druge pokusne skupine (P2) sadržaj ukupnih albumina dostigao je prosječnu vrijednost od 25,28 g/L, a kod prasadi iz treće pokusne skupine (P3) izmjerene vrijednosti albumina u krvi 22. dan od početka istraživanja iznosile su 24,34 g/L. Između dobivenih vrijednosti sadržaja albumina u krvi ispitivane muške prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Sadržaj globulina u krvi ispitivane prasadi na početku istraživanja nije se u mnogome razlikovao između skupina. Tako je kod kontrolne skupine (K) izmjerena prosječna vrijednost od 23,24 g/L, a kod prve pokusne skupine (P1) ta vrijednost iznosila je 24,04 g/L. U krvi muške prasadi druge pokusne skupine (P2) utvrđene su prosječne vrijednosti globulina od 23,74 g/L, a treća pokusna skupina (P3) imala je prosječne vrijednosti globulina u krvi na početku istraživanja od 24,16 g/L. Za vrijednosti sadržaja globulina u krvi ispitivane muške prasadi 22. dan nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina.

Vrijednosti željeza u krvi kod muške prasadi kontrolne skupine (K) na sredini istraživanja (22. dan) iznosile su 27,56 $\mu\text{mol/L}$, a kod prve pokusne skupine (P1) sadržaj željeza u krvi prasadi iznosio je 33,32 $\mu\text{mol/L}$. U krvi muške prasadi druge pokusne (P2) skupine izmjerene su prosječne vrijednosti željeza od 32,98 $\mu\text{mol/L}$, a prasadi treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku imala 30,32 $\mu\text{mol/L}$ željeza. Između kontrolne (K) i prve (P1) pokusne skupine utvrđena je statistički značajna ($P < 0.05$) razlika u pogledu sadržaja željeza u krvi muške prasadi 22. dan pokusa.

Sadržaj bakra u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi na sredini istraživanja iznosio je 9,24 $\mu\text{g/L}$, a za prvu pokusnu skupinu (P1) prosječne vrijednosti bakra izmjerene u krvi prasadi iznosile su 10,45 $\mu\text{g/L}$. Drugoj pokusnoj skupini (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti bakra u krvi muške prasadi od 9,66 $\mu\text{g/L}$, dok je kod treće pokusne skupine (P3) vrijednost sadržaja bakra u krvi muške prasadi iznosila 8,54 $\mu\text{g/L}$. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi u pogledu sadržaja bakra u krvi 22. dan od početka istraživanja.

Vrijednosti cinka u krvi kod prasadi kontrolne skupine (K) 22. dan od početka istraživanja iznosile su 14,61 $\mu\text{g/L}$, a kod prve pokusne skupine (P1) sadržaj cinka u krvi prasadi iznosio je

17,25 µg/L. U krvi muške prasadi druge pokusne (P2) skupine izmjerene su prosječne vrijednosti cinka od 17,46 µg/L, a prasad treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku imala 14,58 µg/L cinka. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi u pogledu sadržaja bakra u krvi 22. dan od početka istraživanja.

Biokemijski parametri krvne plazme za mušku prasad 45. dana istraživanja prikazani su u tablici 33.

Prosječna vrijednost glukoze u krvi kod kontrolne skupine (K) muške prasadi bila je 6,12 mmol/L, a vrijednost glukoze za P1 skupinu iznosila je 6,32 mmol/L. Kod skupine koja je dobivala obrok od biofortificiranih krmiva (P2), prosječna vrijednost glukoze u krvi iznosila je 5,91 mmol/L, a skupina muške prasadi koja je dobivala nano selen (P3) imala je prosječne vrijednosti glukoze u krvi od 6,97 mmol/L. Između ispitivanih skupina prasadi 45. dan od početka istraživanja nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja glukoze u krvi kod muške prasadi.

Prosječna vrijednost uree u krvi bila je za kontrolnu skupinu 2,47 mmol/L, a u krvi prasadi koja je dobivala organski selen (P1), prosječna vrijednost uree iznosila je 2,70 mmol/L. Urea u krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) iznosila je 2,84 mmol/L, a kod treće pokusne skupine (P3) prosječna vrijednost uree u krvi bila je 3,30 mmol/L.

Nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja uree u krvi muške prasadi 45. dan.

Ukupni proteini u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi na 45. dan iznosili su u prosjeku 55,78 g/L, a za prvu pokusnu skupinu (P1) prosječna vrijednost ukupnih proteina u krvi iznosila je 53,28 g/L. U krvi prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene vrijednosti ukupnih proteina bile su 60,08 g/L, a kod muške prasadi treće pokusne skupine (P3) utvrđen je sadržaj ukupnih proteina u krvi u vrijednosti od 56,26 g/L. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina svinja u pogledu sadržaja ukupnih proteina u krvi muške prasadi 45. dan od početka istraživanja.

Sadržaj albumina u kontrolnoj skupini izmjeren je do prosječne razine od 23,84 g/L, dok je kod prasadi prve pokusne skupine prosječna vrijednost albumina iznosila 26,36 g/L. U krvi muške prasadi druge pokusne skupine (P2) sadržaj ukupnih albumina dostigao je prosječnu vrijednost od 29,26 g/L, a kod prasadi iz treće pokusne skupine izmjerene vrijednosti albumina u krvi 45. dan od početka istraživanja iznosile su 29,16 g/L. Između dobivenih vrijednosti sadržaja albumina u krvi ispitivane muške prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Tablica 33. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi muške prasadi 45. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	Glukoza, mmol/L	6,12	0,82	0,67	3,54	5,82
	Urea, mmol/L	2,47	0,67	0,44	1,46	3,10
	Ukupni proteini, g/L	55,78	5,45	29,65	49,00	64,00
	Albumini, g/L	23,84	2,77	7,66	20,50	27,00
	Globulini, g/L	22,84	5,22	21,17	18,41	26,45
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	21,30	4,16	17,31	16,30	27,30
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	11,46	1,01	1,02	10,46	12,77
	Cink, $\mu\text{g/L}$	10,75	1,98	3,94	8,78	12,88
P1	Glukoza, mmol/L	6,32	0,67	0,45	4,64	6,28
	Urea, mmol/L	2,70	0,21	0,04	2,48	3,04
	Ukupni proteini, g/L	53,28	2,02	4,07	51,10	55,10
	Albumini, g/L	26,36	2,96	8,74	22,20	30,20
	Globulini, g/L	23,91	5,34	12,22	17,35	29,27
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	26,32	4,84	23,41	19,00	30,00
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	11,86	3,05	9,32	6,75	14,25
	Cink, $\mu\text{g/L}$	13,38	8,25	28,09	12,78	32,39
P2	Glukoza, mmol/L	5,91	0,51	0,26	5,40	6,53
	Urea, mmol/L	2,84	0,53	0,28	2,14	3,38
	Ukupni proteini, g/L	60,08	3,14	9,85	55,80	64,50
	Albumini, g/L	29,26	3,24	10,50	26,00	34,00
	Globulini, g/L	25,41	4,71	13,54	22,39	31,64
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	30,28**	6,41	41,15	21,50	39,60
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	10,28	1,94	3,78	7,35	12,60
	Cink, $\mu\text{g/L}$	17,35*	6,95	18,28	9,62	23,31
P3	Glukoza, mmol/L	6,97	2,92	8,52	4,85	12,04
	Urea, mmol/L	3,30	1,39	1,93	2,07	5,61
	Ukupni proteini, g/L	56,26	5,53	30,55	49,10	63,50
	Albumini, g/L	29,16	3,19	10,15	24,40	32,10
	Globulini, g/L	25,17	5,16	7,31	21,21	29,45
	Željezo, $\mu\text{mol/L}$	28,40*	10,62	12,77	18,10	40,20
	Bakar, $\mu\text{g/L}$	10,82	4,84	23,44	7,15	18,44
	Cink, $\mu\text{g/L}$	16,67	9,00	21,01	6,12	30,49

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; ** = $P < 0.01$; * = $P < 0.05$;

Sadržaj globulina u krvi ispitivane prasadi na početku istraživanja nije se u mnogome razlikovao između skupina. Tako je kod kontrolne skupine izmjerena prosječna vrijednost od 22,84 g/L, a kod prve pokusne skupine (P1) ta vrijednost iznosila je 23,91 g/L. U krvi muške

prasadi druge pokusne skupine (P2) utvrđene su prosječne vrijednosti globulina od 25,41 g/L, a treća pokusna skupina (P3) imala je prosječne vrijednosti globulina u krvi na početku istraživanja od 25,11 g/L. Za vrijednosti sadržaja globulina u krvi ispitivane muške prasadi 45. dan nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina.

Vrijednosti željeza u krvi kod muške prasadi kontrolne skupine (K) na kraju istraživanja (45. dan) iznosile su 21,30 $\mu\text{mol/L}$, a kod prve pokusne skupine (P1) sadržaj željeza u krvi prasadi iznosio je 26,32 $\mu\text{mol/L}$. U krvi muške prasadi druge pokusne skupine (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti željeza od 30,28 $\mu\text{mol/L}$, a prasad treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku imala 28,40 $\mu\text{mol/L}$ željeza. Između kontrolne (K) i treće pokusne skupine (P3) utvrđena je statistički značajna ($P<0.05$) razlika u pogledu sadržaja željeza u krvi muške prasadi 45. dan pokusa.

Sadržaj bakra u krvi kod kontrolne skupine (K) prasadi na kraju istraživanja iznosio je 11,46 $\mu\text{g/L}$, a za prvu pokusnu skupinu (P1) prosječne vrijednosti bakra izmjerene u krvi prasadi iznosile su 11,86 $\mu\text{g/L}$. Drugoj pokusnoj skupini (P2) izmjerene su prosječne vrijednosti bakra u krvi muške prasadi od 10,28 $\mu\text{g/L}$, dok je kod treće pokusne skupine (P3) vrijednost sadržaja bakra u krvi muške prasadi iznosila 10,82 $\mu\text{g/L}$. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi u pogledu sadržaja bakra u krvi 45. dan od početka istraživanja.

Vrijednosti cinka u krvi kod prasadi kontrolne skupine (K) 45. dan od početka istraživanja iznosile su 10,75 $\mu\text{g/L}$, a kod prve pokusne skupine (P1) sadržaj cinka u krvi prasadi iznosio je 13,38 $\mu\text{g/L}$. U krvi muške prasadi druge pokusne (P2) skupine izmjerene su prosječne vrijednosti cinka od 17,35 $\mu\text{g/L}$, a prasad treće pokusne skupine (P3) u krvi je u prosjeku imala 16,67 $\mu\text{g/L}$ cinka. Između kontrolne (K) i druge (P2) pokusne skupine utvrđena je statistički značajna ($P<0.05$) razlika u pogledu sadržaja cinka u krvi muške prasadi 45. dan pokusa.

Biokemijski parametri krvne plazme na sadržaj glicerida i imunoglobulina prasadi 0. dan istraživanja prikazani su u tablici 34.

Vrijednosti kolesterola kod prasadi kontrolne skupine (K) 0. dan istraživanja iznosile su 1,70 mmol/L i nisu bile statistički značajne u odnosu na vrijednosti P1 (1,77 mmol/L) i P2 skupine (1,68 mmol/L). Međutim, vrijednosti kolesterola u krvi izmjerene kod P3 skupine (1,98 mmol/L) bile su statistički značajno više ($P<0.05$) u odnosu na ostale tri ispitivane skupine prasadi. Izmjerene vrijednosti triglicerida u krvi ispitivane prasadi na početku istraživanja nisu se statistički značajno razlikovale između skupina, s tim da je najviša vrijednost izmjerena kod treće pokusne skupine (P3) i iznosila je 0,56 mmol/L dok je najniža vrijednost od 0,40 mmol/L izmjerena kod prasadi druge pokusne skupine (P2).

Sličan omjer utvrđen je i za sadržaj lipoproteina velike gustoće (HDL) gdje je utvrđena najviša vrijednost kod prasadi treće pokusne skupine P3 (0,87 g/L), a najniža (0,75 g/L) kod prasadi druge pokusne skupine P2. Između dobivenih vrijednosti koncentracije HDL u krvi nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi na početku istraživanja. Usporedbom koncentracija lipoproteina niske gustoće (LDL) nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi. Najvišu koncentraciju LDL u krvi na početku istraživanja imala je prasad P3 skupine (0,86 g/L), a najnižu prasad kontrolne skupine (0,69 g/L).

Vrijednosti UIBC (nezasićeni kapacitet vezanja željeza) kretale su se u granicama između 50,90 $\mu\text{mol/L}$ u krvi prasadi kontrolne skupine (najviša vrijednost) do 45,36 $\mu\text{mol/L}$ u krvi prasadi prve pokusne skupine (P1). Između ispitivanih skupina prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednostima UIBC na početku istraživanja.

Najviše vrijednosti ukupnog bilirubina (TBIL) utvrđene su kod prasadi druge pokusne skupine (P2) i iznosile su 6,09 $\mu\text{mol/L}$. Kod prasadi prve pokusne skupine (P1) utvrđene su najniže TBIL vrijednosti (5,37 $\mu\text{mol/L}$). Između dobivenih vrijednosti sadržaja TBIL nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi na početku istraživanja.

Koncentracija imunoglobulina G (IgG) na početku istraživanja kod prasadi druge pokusne skupine (P2) iznosila je 3,01 $\mu\text{g/L}$ što je bilo statistički značajno više u odnosu na ostale skupine prasadi (2,66 $\mu\text{g/L}$ kod kontrolne skupine, 2,45 $\mu\text{g/L}$ kod prve pokusne i 2,35 $\mu\text{g/L}$ kod druge pokusne skupine).

Koncentracija imunoglobulina M (IgM) na početku istraživanja bila je najviša kod prasadi kontrolne skupine (K) i iznosila je 0,31 $\mu\text{g/L}$ što je bilo statistički značajno više u odnosu na prasad prve pokusne (P1) skupine (0,20 $\mu\text{g/L}$). Između ostalih skupina ispitivane prasadi na početku istraživanja nije bilo razlike u pogledu sadržaja IgM.

Tablica 34. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi prasadi 0. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	Kolesterol, mmol/L	1,70	0,33	0,11	1,13	2,43
	Trigliceridi, mmol/L	0,54	0,13	0,02	0,31	0,75
	HDL, g/L	0,76	0,13	0,02	0,53	0,99
	LDL, g/L	0,69	0,19	0,04	0,37	1,12
	UIBC, μ mol/L	50,90	10,95	19,83	31,24	66,89
	TBIL, μ mol/L	5,83	1,30	1,69	4,60	8,30
	IgG, μ g/L	2,66	0,81	0,66	1,72	4,22
	IgM, μ g/L	0,31*	0,12	0,01	0,11	0,52
P1	Kolesterol, mmol/L	1,77	0,40	0,16	1,39	2,64
	Trigliceridi, mmol/L	0,47	0,12	0,01	0,34	0,69
	HDL, g/L	0,76	0,12	0,01	0,64	0,97
	LDL, g/L	0,80	0,26	0,07	0,58	1,38
	UIBC, μ mol/L	45,36	8,28	28,68	32,19	57,83
	TBIL, μ mol/L	5,37	2,70	7,30	3,10	11,90
	IgG, μ g/L	2,45	0,49	0,24	1,93	3,37
	IgM, μ g/L	0,20	0,04	0,01	0,12	0,25
P2	Kolesterol, mmol/L	1,68	0,18	0,03	1,44	1,96
	Trigliceridi, mmol/L	0,40	0,12	0,01	0,24	0,59
	HDL, g/L	0,75	0,09	0,01	0,61	0,87
	LDL, g/L	0,81	2,34	5,51	0,68	1,40
	UIBC, μ mol/L	48,25	11,94	14,47	35,91	76,62
	TBIL, μ mol/L	6,09	1,61	2,58	4,00	9,40
	IgG, μ g/L	3,01*	0,67	0,45	1,86	3,97
	IgM, μ g/L	0,28	0,06	0,01	0,21	0,41
P3	Kolesterol, mmol/L	1,98*	0,34	0,120	1,57	2,70
	Trigliceridi, mmol/L	0,56	0,17	0,03	0,35	0,91
	HDL, g/L	0,87	0,14	0,02	0,64	1,17
	LDL, g/L	0,85	0,17	0,03	0,63	1,12
	UIBC, μ mol/L	48,87	13,49	18,11	29,29	75,22
	TBIL, μ mol/L	5,97	1,70	2,88	4,10	9,00
	IgG, μ g/L	2,35	0,48	0,23	1,55	2,98
	IgM, μ g/L	0,27	0,06	0,01	0,17	0,38

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; HDL – lipoprotein velike gustoće; LDL – lipoprotein niske gustoće; UIBC – nezasićeni kapacitet vezanja željeza; TBIL – ukupni bilirubin; IgG – imunoglobulin G; IgM – imunoglobulin M; * = $P < 0.05$;

Biokemijski parametri krvne plazme na sadržaj glicerida i imunoglobulina prasadi 22. dan istraživanja prikazani su u tablici 35.

Vrijednosti kolesterola kod prasadi kontrolne skupine 22. dan istraživanja iznosile su 1,63 mmol/L i nisu bile statistički značajne u odnosu na vrijednosti P1 (1,71 mmol/L) i P2 skupine (1,71 mmol/L). Međutim, vrijednosti kolesterola u krvi izmjerene kod P3 skupine (1,99 mmol/L) bile su statistički značajno više ($P < 0.05$) u odnosu na ostale tri ispitivane skupine prasadi.

Izmjerene vrijednosti triglicerida u krvi ispitivane prasadi 22. dan od početka istraživanja nisu se statistički značajno razlikovale između skupina, s tim da je najviša vrijednost izmjerena kod treće pokusne skupine (P3) i iznosila je 0,53 mmol/L dok je najniža vrijednost od 0,44 mmol/L izmjerena kod prasadi druge pokusne skupine (P2).

Sličan omjer utvrđen je i za sadržaj lipoproteina velike gustoće (HDL) gdje je utvrđena najviša vrijednost kod prasadi treće pokusne skupine P3 (0,85 g/L), a najniža (0,71 g/L) kod prasadi druge pokusne skupine P2.

Između dobivenih vrijednosti koncentracije HDL u krvi nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi na sredini istraživanja.

Usporedbom koncentracija lipoproteina niske gustoće (LDL) nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi. Najvišu koncentraciju LDL u krvi 22. dan od početka istraživanja imala je prasada P3 skupine (0,81 g/L), a najnižu prasada kontrolne skupine (0,67 g/L).

Vrijednosti UIBC (nezasićeni kapacitet vezanja željeza) kretale su se u granicama između 51,23 $\mu\text{mol/L}$ u krvi prasadi kontrolne skupine (najviša vrijednost) do 44,89 $\mu\text{mol/L}$ u krvi prasadi prve pokusne skupine (P1). Između ispitivanih skupina prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednostima UIBC na sredini istraživanja.

Najviše vrijednosti ukupnog bilirubina (TBIL) utvrđene su kod prasadi druge pokusne skupine (P2) i iznosile su 6,09 $\mu\text{mol/L}$. Kod prasadi prve pokusne skupine (P1) utvrđene su najniže TBIL vrijednosti (5,37 $\mu\text{mol/L}$). Između dobivenih vrijednosti sadržaja TBIL nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi na sredini istraživanja.

Koncentracija imunoglobulina G (IgG) 22. dan od početka istraživanja kod prasadi druge pokusne skupine (P2) iznosila je 3,11 $\mu\text{g/L}$ što je bilo statistički značajno više u odnosu na ostale skupine prasadi (2,66 $\mu\text{g/L}$ kod kontrolne skupine, 2,45 $\mu\text{g/L}$ kod prve pokusne i 2,35 $\mu\text{g/L}$ kod druge pokusne skupine).

Tablica 35. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi prasadi 22. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	Kolesterol, mmol/L	1,63	0,33	0,11	1,13	2,43
	Trigliceridi, mmol/L	0,51	0,13	0,02	0,31	0,75
	HDL, g/L	0,73	0,13	0,02	0,53	0,99
	LDL, g/L	0,67	0,19	0,04	0,37	1,12
	UIBC, $\mu\text{mol/L}$	51,23	10,95	19,83	31,24	66,89
	TBIL, $\mu\text{mol/L}$	5,80	1,30	1,69	4,60	8,30
	IgG, $\mu\text{g/L}$	2,57	0,81	0,66	1,72	4,22
	IgM, $\mu\text{g/L}$	0,32	0,12	0,01	0,11	0,52
P1	Kolesterol, mmol/L	1,71	0,40	0,16	1,39	2,64
	Trigliceridi, mmol/L	0,44	0,12	0,01	0,34	0,69
	HDL, g/L	0,78	0,12	0,01	0,64	0,97
	LDL, g/L	0,78	0,26	0,07	0,58	1,38
	UIBC, $\mu\text{mol/L}$	44,89	8,28	28,61	32,19	57,83
	TBIL, $\mu\text{mol/L}$	5,31	2,70	7,30	3,10	11,90
	IgG, $\mu\text{g/L}$	2,48	0,49	0,24	1,93	3,37
	IgM, $\mu\text{g/L}$	0,21	0,04	0,01	0,12	0,25
P2	Kolesterol, mmol/L	1,71	0,18	0,03	1,44	1,96
	Trigliceridi, mmol/L	0,43	0,12	0,01	0,24	0,59
	HDL, g/L	0,71	0,12	0,01	0,61	0,87
	LDL, g/L	0,79	0,31	0,49	0,58	8,36
	UIBC, $\mu\text{mol/L}$	47,98	11,94	42,47	35,91	76,62
	TBIL, $\mu\text{mol/L}$	6,13	1,61	2,58	4,00	9,40
	IgG, $\mu\text{g/L}$	3,11*	0,67	0,45	1,86	3,97
	IgM, $\mu\text{g/L}$	0,25	0,06	0,01	0,21	0,41
P3	Kolesterol, mmol/L	1,99*	0,34	0,12	1,57	2,70
	Trigliceridi, mmol/L	0,53	0,17	0,03	0,35	0,91
	HDL, g/L	0,85	0,14	0,02	0,64	1,17
	LDL, g/L	0,81	0,17	0,03	0,63	1,12
	UIBC, $\mu\text{mol/L}$	48,49	13,49	18,11	29,99	75,22
	TBIL, $\mu\text{mol/L}$	5,91	1,70	2,88	4,10	9,00
	IgG, $\mu\text{g/L}$	2,34 ^B	0,48	0,23	1,55	2,98
	IgM, $\mu\text{g/L}$	0,30 ^A	0,06	0,01	0,17	0,38

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; HDL – lipoprotein velike gustoće; LDL – lipoprotein niske gustoće; UIBC – nezasićeni kapacitet vezanja željeza; TBIL – ukupni bilirubin; IgG – imunoglobulin G; IgM – imunoglobulin M; * = P<0.05;

Koncentracija imunoglobulina M (IgM) 22. dan od početka istraživanja bila je najviša kod prasadi kontrolne skupine (K) i iznosila je 0,32 µg/L što je bilo statistički značajno više u odnosu na prasad prve pokusne (P1) skupine (0,22 µg/L). Između ostalih skupina ispitivane prasadi 22. dan od početka istraživanja nije bilo razlike u pogledu sadržaja IgM.

Biokemijski parametri krvne plazme na sadržaj glicerida i imunoglobulina prasadi 22. dan istraživanja prikazani su u tablici 36.

Vrijednosti kolesterola kod prasadi kontrolne skupine 45. dan istraživanja iznosile su 2,02 mmol/L i nisu bile statistički značajne u odnosu na vrijednosti P1 (2,26 mmol/L) i P2 skupine (2,17 mmol/L) kao ni između vrijednosti kolesterola u krvi izmjerene kod P3 skupine (2,27 mmol/L).

Izmjerene vrijednosti triglicerida u krvi ispitivane prasadi 45. dan od početka istraživanja statistički su se značajno razlikovale ($P < 0.05$) između P2 skupine (0,61 mmol/L) i kontrolne skupine (0,41 mmol/L). Između ostalih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike u koncentraciji triglicerida.

Za sadržaj lipoproteina velike gustoće (HDL) nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih skupina prasadi 45. dan od početka istraživanja. Najviša vrijednost HDL utvrđena je kod prasadi treće pokusne skupine (0,88 g/L), a najniža (0,77 g/L) kod prasadi kontrolne (K) skupine.

Usporedbom koncentracija lipoproteina niske gustoće (LDL) između ispitivanih skupina prasadi 45. dan od početka ispitivanja utvrđeno je da je najvišu koncentraciju LDL u krvi imala prasad P1 skupine (1,20 g/L) što je bilo statistički značajno više ($P < 0.05$) u odnosu na prasad kontrolne skupine (1,04 g/L).

Vrijednosti UIBC (nezasićeni kapacitet vezanja željeza) kretale su se u granicama između 58,50 µmol/L u krvi prasadi kontrolne skupine (najviša vrijednost) do 44,89 µmol/L u krvi prasadi prve pokusne skupine (P1). Između ispitivanih skupina prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednostima UIBC na sredini istraživanja.

Tablica 36. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi prasadi 45. dan

Skupina	Pokazatelj	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	Kolesterol, mmol/L	2,02	0,26	0,07	1,48	2,30
	Trigliceridi, mmol/L	0,41	0,13	0,02	0,24	0,69
	HDL, g/L	0,77	0,12	0,01	0,55	0,91
	LDL, g/L ^{1,07}	1,14	0,23	0,05	0,66	1,43
	UIBC, $\mu\text{mol/L}$	54,53	15,21	31,24	38,34	87,11
	TBIL, $\mu\text{mol/L}$	5,21	1,48	2,18	3,70	8,30
	IgG, $\mu\text{g/L}$	4,54*	0,82	0,66	3,24	5,41
	IgM, $\mu\text{g/L}$	0,49*	0,20	0,04	0,17	0,79
P1	Kolesterol, mmol/L	2,26	0,30	0,09	1,89	2,95
	Trigliceridi, mmol/L	0,53	0,15	0,02	0,27	0,80
	HDL, g/L	0,82	0,09	0,01	0,66	0,98
	LDL, g/L	1,20	0,17	0,03	1,02	1,61
	UIBC, $\mu\text{mol/L}$	56,06	10,50	10,17	36,39	70,00
	TBIL, $\mu\text{mol/L}$	5,29	1,33	1,77	3,90	7,70
	IgG, $\mu\text{g/L}$	3,08	0,54	0,29	2,49	4,23
	IgM, $\mu\text{g/L}$	0,29	0,15	0,02	0,09	0,54
P2	Kolesterol, mmol/L	2,17	0,22	0,05	1,94	2,66
	Trigliceridi, mmol/L	0,61	0,31	0,09	0,37	1,38
	HDL, g/L	0,85	0,14	0,02	0,51	0,99
	LDL, g/L	1,04	0,23	0,05	0,66	1,47
	UIBC, $\mu\text{mol/L}$	52,00	8,34	19,61	32,80	60,11
	TBIL, $\mu\text{mol/L}$	9,85*	8,19	17,12	3,90	25,80
	IgG, $\mu\text{g/L}$	3,75	1,48	2,20	2,03	6,94
	IgM, $\mu\text{g/L}$	0,26	0,13	0,02	0,07	0,49
P3	Kolesterol, mmol/L	2,27	0,49	0,24	1,43	2,90
	Trigliceridi, mmol/L	0,48	0,10	0,01	0,30	0,64
	HDL, g/L	0,88	0,18	0,03	0,53	1,15
	LDL, g/L	1,17	0,31	0,09	0,70	1,67
	UIBC, $\mu\text{mol/L}$	58,50	16,07	58,34	34,60	85,74
	TBIL, $\mu\text{mol/L}$	5,34	1,12	1,25	3,30	7,30
	IgG, $\mu\text{g/L}$	3,10	1,06	1,13	1,91	5,61
	IgM, $\mu\text{g/L}$	0,35	0,10	0,01	0,21	0,53

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; HDL – lipoprotein velike gustoće; LDL – lipoprotein niske gustoće; UIBC – nezasićeni kapacitet vezanja željeza; TBIL – ukupni bilirubin; IgG – imunoglobulin G; IgM – imunoglobulin M; * = $P < 0.05$;

Najviše vrijednosti ukupnog bilirubina (TBIL) 45. dan od početka istraživanja utvrđene su kod prasadi druge pokusne skupine (P2) i iznosile su 9,58 $\mu\text{mol/L}$ što je bilo statistički visoko značajno ($P < 0.01$) više u odnosu na sve druge skupine.

Koncentracija imunoglobulina G (IgG) 45. dan od početka istraživanja kod prasadi kontrolne skupine (K) iznosila je 4,54 $\mu\text{g/L}$ što je bilo statistički značajno više ($P < 0.05$) u odnosu na ostale skupine prasadi (3,08 $\mu\text{g/L}$ kod P1 skupine, 3,75 $\mu\text{g/L}$ kod druge pokusne i 3,10 $\mu\text{g/L}$ kod treće pokusne skupine).

Koncentracija imunoglobulina M (IgM) na početku istraživanja bila je najviša kod prasadi kontrolne skupine (K) i iznosila je 0,49 $\mu\text{g/L}$ što je bilo statistički značajno ($P < 0.05$) više u odnosu na prasadi druge i treće pokusne skupine (0,29 $\mu\text{g/L}$ za P2 i 0,26 $\mu\text{g/L}$ za P3).

Sadržaj esencijalnih mikroelemenata u pojedinim tkivima i organima prikazan je u sljedećim tablicama.

Tablica 37 prikazuje osnovne statističke pokazatelje sadržaja željeza u pojedinim tkivima i organima. Sadržaj željeza (Fe) u najdužem leđnom mišiću (MLD) bio je najveći kod prasadi koja je dobivala nano selen u obrocima (8,33 mg/100 g) što je bilo statistički značajno više ($P < 0.05$) u odnosu na sve druge skupine.

Između ispitivanih skupina prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja željeza u mišiću triceps femoris (MTF). Što se tiče sadržaja željeza u jetri, najveće vrijednosti izmjerene su u jetri prasadi prve pokusne skupine (158,62 μg) što je bilo statistički značajno više ($P < 0,05$) u odnosu na jetru prasadi druge pokusne skupine (137,20 μg) dok između ostalih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Između svih ispitivanih skupina prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike u sadržaju Fe u srcu kao ni u bubrezima.

Tablica 37. Osnovni statistički pokazatelji sadržaja željeza (Fe) u pojedinim tkivima i organima (µg/ g)

Skupina	Tkivo	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	MLD	6,66	1,00	1,00	5,23	7,90
	MTF	10,76	3,00	8,98	8,15	15,71
	Srce	37,83	5,83	33,98	31,98	44,12
	Jetra	149,32	23,60	55,96	110,00	172,30
	Štitnjača	18,28	5,80	33,58	9,80	25,18
	Bubreg	30,96	4,79	22,94	25,97	37,78
P1	MLD	6,61	0,48	0,23	6,04	7,33
	MTF	10,37	1,53	2,34	9,08	12,43
	Srce	36,83	7,43	55,27	30,90	49,01
	Jetra	158,62*	16,41	69,23	135,00	179,40
	Štitnjača	24,50*	13,21	74,48	11,40	42,06
	Bubreg	29,54	3,35	11,24	25,85	33,44
P2	MLD	6,85	1,01	1,02	5,48	8,24
	MTF	9,91	2,12	4,51	8,01	13,29
	Srce	36,34	2,86	8,19	32,76	39,28
	Jetra	137,20	15,61	43,54	117,10	153,50
	Štitnjača	21,29	9,73	94,76	12,40	37,40
	Bubreg	30,13	2,53	6,41	37,37	32,64
P3	MLD	8,33*	2,80	7,82	6,49	13,21
	MTF	10,08	3,66	13,38	5,88	15,07
	Srce	36,43	2,41	5,83	34,33	40,26
	Jetra	142,72	18,01	32,43	116,80	165,30
	Štitnjača	21,51	10,65	113,47	10,82	36,53
	Bubreg	32,24	10,89	18,51	23,14	47,99

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; MLD – musculus longissimus dorsi; MTF – musculus triceps femoris; * = $P < 0.05$;

U tablici 38 prikazane su vrijednosti sadržaja cinka (Zn) u pojedinim tkivima i organima.

Utvrđene vrijednosti cinka u MLD, MTF, srcu i štitnjači nisu se statistički značajno razlikovale niti između jedne skupine ispitivane prasadi. Međutim, vrijednosti Zn utvrđene u jetri kod kontrolne skupine prasadi (1.059,34 µg) bile su statistički značajno više ($P < 0,05$) u odnosu na vrijednosti Zn u jetri prasadi prve i druge pokusne skupine (645,40 µg i 446,60 µg). Također, sadržaj Zn u bubrezima kontrolne skupine prasadi (240,82 µg) bio je statistički značajno viši u odnosu na sadržaj Zn u bubrezima prasadi svih ostalih skupina.

Tablica 38. Osnovni statistički pokazatelji sadržaja cinka (Zn) u pojedinim tkivima (µg/g)

Skupina	Tkivo	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	MLD	10,10	0,71	0,50	9,13	11,09
	MTF	21,25	9,15	83,69	14,82	37,05
	Srce	17,80	1,22	1,50	16,05	18,90
	Jetra	1.059,34***	376,25	156,41	491,40	1.401,00
	Štitnjača	17,82	1,13	1,29	16,70	19,62
	Bubreg	240,82**	183,96	338,42	18,62	438,00
P1	MLD	10,83	0,64	0,41	10,22	11,88
	MTF	20,16	3,14	9,83	17,03	24,78
	Srce	19,90	3,74	13,96	17,61	26,50
	Jetra	645,40	293,39	75,62	274,00	1.093,00
	Štitnjača	17,67	1,74	3,04	15,69	20,28
	Bubreg	131,60	95,93	92,02	35,07	289,00
P2	MLD	13,54	2,01	4,03	11,26	15,82
	MTF	21,22	8,53	7,82	11,58	33,92
	Srce	18,12	0,85	0,73	17,35	19,05
	Jetra	446,60	208,40	43,61	193,00	658,10
	Štitnjača	16,72	2,08	4,31	15,19	20,30
	Bubreg	111,44	104,79	98,41	32,92	286,00
P3	MLD	11,85	1,89	3,59	9,27	14,48
	MTF	21,34	7,70	15,34	14,91	31,17
	Srce	18,73	0,34	0,12	18,23	19,08
	Jetra	830,40	88,43	56,66	154,70	1.370,00
	Štitnjača	17,67	0,82	0,67	16,58	18,58
	Bubreg	174,87	134,64	81,27	54,70	364,00

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; MLD – musculus longissimus dorsi; MTF – musculus triceps femoris; *** = P<0.001; ** = P<0.01;

Sadržaj selena u pojedinim tkivima i organima prikazan je u tablici 39.

Što se tiče sadržaja selena (Se) u promatranim tkivima i organima utvrđen je statistički značajno viši (P<0,05) udio Se u MLD-u prasadi druge pokusne skupine (0,21 µg) u odnosu na sve ostale ispitivane skupine. Isti slučaj utvrđen je i kod MTF gdje su kod prasadi koja je dobivala Se iz biofortificiranih krmiva (P2) utvrđene statistički značajno više (P<0,05) vrijednosti selena u odnosu na MTF ostalih ispitivanih skupina.

Tablica 39. Osnovni statistički pokazatelji sadržaja selena (Se) u pojedinim tkivima (µg/g)

Skupina	Tkivo	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	MLD	0,09	0,01	0,00	0,08	0,10
	MTF	0,07	0,01	0,00	0,06	0,08
	Srce	0,10	0,03	0,01	0,08	0,14
	Jetra	0,21	0,03	0,00	0,18	0,26
	Štitnjača	0,20	0,08	0,01	0,13	0,29
	Bubreg	0,87	0,20	0,04	0,62	1,16
P1	MLD	0,10	0,00	0,00	0,10	0,10
	MTF	0,08	0,01	0,00	0,08	0,09
	Srce	0,13	0,04	0,00	0,11	0,18
	Jetra	0,17	0,02	0,00	0,14	0,20
	Štitnjača	0,22	0,06	0,00	0,16	0,30
	Bubreg	0,92	0,06	0,01	0,63	0,99
P2	MLD	0,21*	0,03	0,01	0,17	0,24
	MTF	0,16*	0,02	0,00	0,12	0,18
	Srce	0,20*	0,03	0,00	0,18	0,25
	Jetra	0,40*	0,02	0,00	0,37	0,44
	Štitnjača	0,18*	0,03	0,00	0,16	0,24
	Bubreg	1,20*	0,18	0,03	0,97	1,46
P3	MLD	0,11*	0,01	0,00	0,10	0,12
	MTF	0,08*	0,01	0,00	0,07	0,09
	Srce	0,08*	0,00	0,00	0,08	0,08
	Jetra	0,24*	0,03	0,01	0,21	0,29
	Štitnjača	0,18*	0,01	0,00	0,16	0,20
	Bubreg	0,97*	0,30	0,09	0,69	1,38

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija, CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum, Max = maksimum; MLD – musculus longissimus dorsi; MTF – musculus triceps femoris; * = $P < 0.05$;

Kod srca, jetre, štitnjače i bubrega utvrđen je također statistički značajno ($P < 0.05$) viši sadržaj selena kod prasadi druge pokusne skupine koja je u obrocima dobivala selen iz biofortificiranih krmiva u odnosu na prasid ostalih skupina uključenih u istraživanje.

U tablicama 40, 41 i 42 prikazane su vrijednosti boje (L^* - svjetlina, a^* - crvenilo i b^* - žutoća) srca te mišića (45 minuta i 24 sata nakon klanja).

Nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednostima boje srčanog mišića između ispitivanih skupina prasadi.

Tablica 40. Osnovni statistički pokazatelji vrijednosti boje srca

Skupina	Vrijednost	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	L*	41,46	2,27	7,37	38,99	45,48
	a*	20,44	1,16	1,35	19,00	21,94
	b*	3,78	1,69	2,85	1,88	5,23
P1	L*	40,65	4,75	22,60	32,26	43,86
	a*	20,30	2,55	6,50	17,82	24,49
	b*	5,48	2,07	4,30	2,91	8,32
P2	L*	39,32	4,39	19,31	33,86	43,02
	a*	21,83	1,72	2,97	19,24	23,28
	b*	4,30	2,20	4,86	0,77	6,17
P3	L*	42,53	1,95	3,80	39,56	44,65
	a*	20,42	1,48	2,20	18,21	21,79
	b*	3,75	1,59	2,53	1,10	5,00

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija; CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum; Max = maksimum; L*: svjetlina - lightness; a*: crvenilo - redness; b*: žućkasto – yellowness; A,B = statističke razlike;

Također, nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sva tri parametra boje (svjetlina, crvenilo i žutoća) MLD-a između ispitivanih skupina prasadi ni 45 minuta nakon klanja niti nakon 7 dana skladištenja u hladnjaku (tablica 41).

Tablica 41. Osnovni statistički pokazatelji vrijednosti boje MLD-a

Skupina	Mišić	Vrijednost	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	MLD 0	L*	45,71	1,39	1,92	43,51	46,88
		a*	6,25	1,63	2,66	5,15	9,11
		b*	0,92	0,54	0,30	0,42	1,85
	MLD 24	L*	58,12	1,84	3,37	55,42	60,34
		a*	6,63	0,97	0,95	5,85	7,99
		b*	2,20	0,41	0,17	1,79	2,86
P1	MLD 0	L*	47,63	2,05	4,20	44,75	49,95
		a*	6,73	1,02	1,04	5,69	8,27
		b*	1,80	0,53	0,28	1,09	2,52
	MLD 24	L*	56,35	1,53	2,33	54,98	58,65
		a*	6,44	0,69	0,48	5,58	7,30
		b*	2,01	0,43	0,18	1,43	2,59
P2	MLD 0	L*	47,83	1,85	3,41	46,27	50,57
		a*	5,90	1,09	1,18	5,09	7,16
		b*	1,38	1,31	1,72	0,12	3,33
	MLD 24	L*	58,00	1,26	1,59	55,98	59,17
		a*	5,62	0,41	0,16	5,31	6,15
		b*	1,89	0,69	0,48	0,83	2,45
P3	MLD 0	L*	48,59	2,47	6,08	44,62	50,39
		a*	4,91	1,10	1,20	3,21	5,99
		b*	1,41	0,54	0,29	0,78	2,04
	MLD 24	L*	59,31	2,94	8,65	56,01	63,87
		a*	6,26	0,91	0,83	4,94	7,28
		b*	2,22	0,59	0,35	1,34	2,95

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija; CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum; Max = maksimum; MLD - musculus longissimus dorsi; L*: svjetlina - lightness; a*: crvenilo - redness; b*: žućkasto – yellowness; A,B = statističke razlike;

Isto vrijedi i za pokazatelje vrijednosti boje MTF jer nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sva tri parametra boje (svjetlina, crvenilo i žutoća) MTF-a između ispitivanih skupina prasadi ni 45 minuta nakon klanja niti nakon 7 dana skladištenja u hladnjaku (tablica 42).

Tablica 42. Osnovni statistički pokazatelji vrijednosti boje MTF

Skupina	Mišić	Vrijednost	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	MTF 0	L*	44,89	2,95	8,72	39,81	47,26
		a*	16,10	5,38	28,92	10,05	23,47
		b*	3,93	0,95	0,90	2,83	5,07
	MTF 24	L*	52,78	2,76	7,60	49,96	55,96
		a*	14,24	2,89	8,33	10,21	18,11
		b*	4,20	0,99	0,98	3,17	5,30
P1	MTF 0	L*	45,54	2,57	6,61	42,86	48,60
		a*	14,46	2,21	4,90	10,76	16,13
		b*	3,47	0,62	0,38	2,72	4,40
	MTF 24	L*	53,77	2,71	7,36	50,36	57,26
		a*	13,16	3,68	13,52	8,42	17,53
		b*	4,47	2,09	4,35	2,72	7,90
P2	MTF 0	L*	44,42	3,00	9,01	41,39	48,86
		a*	14,21	2,40	5,76	11,67	17,30
		b*	3,12	0,96	0,92	2,15	4,47
	MTF 24	L*	54,40	2,84	8,09	50,86	57,42
		a*	11,20	1,96	3,82	9,14	14,19
		b*	3,38	0,82	0,67	2,33	4,09
P3	MTF 0	L*	45,28	2,03	4,10	43,05	48,16
		a*	17,06	3,37	11,39	13,65	21,73
		b*	3,75	0,70	0,50	2,95	4,78
	MTF 24	L*	50,23	3,23	10,41	47,04	54,99
		a*	13,00	2,34	5,48	10,30	16,05
		b*	3,26	1,35	1,83	2,30	5,60

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija; CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum; Max = maksimum; MTF - musculus triceps femoris; L*: svjetlina - lightness; a*: crvenilo - redness; b*: žućkasto – yellowness; A,B = statističke razlike;

Prikaz vrijednosti oksidacije masti u MLD-u i MTF-u kroz TBARS reaktivne supstance tiobarbiturne kiseline te vrijednost u svježem stanju i nakon 7 dana hlađenja prikazani su u tablicama 43 i 44.

U MLD-u kontrolne skupine ispitivane prasadi utvrđene su statistički značajno više ($P < 0,05$) TBARS vrijednosti ($0,525 \mu\text{g mDA/g}$) izmjerene prvog dana u odnosu na MLD prve ($0,395 \mu\text{g mDA/g}$) i treće pokusne skupine ($0,388 \mu\text{g mDA/g}$).

Nakon 7 dana u hladnjaku, TBARS vrijednosti kontrolne te druge i treće pokusne skupine bile su statistički značajno ($P < 0,05$) više u odnosu na TBARS vrijednosti prve pokusne skupine.

Tablica 43. Osnovni statistički pokazatelji vrijednosti TBARS-a za MLD u svježem stanju i nakon 7 dana u hladnjaku ($\mu\text{g mDA/g}$)

Skupina	Mišić	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	MLD 0d	0,525*	0,116	0,013	0,404	0,669
	MLD 7d	1,589*	1,144	1,309	0,128	2,726
P1	MLD 0d	0,395	0,224	0,050	0,0124	0,552
	MLD 7d	0,923	0,560	0,313	0,398	1,448
P2	MLD 0d	0,438	0,098	0,010	0,334	0,585
	MLD 7d	1,542	0,766	0,587	0,836	2,809
P3	MLD 0d	0,388	0,229	0,053	0,148	0,585
	MLD 7d	1,609*	0,298	0,089	1,288	2,090

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija; CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum; Max = maksimum; MLD - musculus longissimus dorsi; * = $P < 0,05$;

U MTF-u treće pokusne skupine ispitivane prasadi, koja je dobivala obroke sa selenom iz biofortificiranih krmiva, utvrđene su statistički značajno niže ($P < 0,05$) TBARS vrijednosti ($0,125 \mu\text{g mDA/g}$) izmjerene prvog dana kao i one izmjerene 7. dana ($0,48 \mu\text{g mDA/g}$) u odnosu na TBARS vrijednosti utvrđene kod kontrolne skupine ($0,612 \mu\text{g mDA/g}$ i $1,191 \mu\text{g mDA/g}$), kod prve pokusne skupine ($0,559 \mu\text{g mDA/g}$ i $1,074 \mu\text{g mDA/g}$) te kod treće pokusne skupine ($0,649 \mu\text{g mDA/g}$ i $1,174 \mu\text{g mDA/g}$).

Tablica 44. Osnovni statistički pokazatelji vrijednosti TBARS-a za MTF u svježem stanju i nakon 7 dana u hladnjaku ($\mu\text{g mDA/g}$)

Skupina	Mišić	$\bar{x}$	SD	CV	Min	Max
K	MTF 0d	0,612**	0,075	0,006	0,535	0,719
	MTF 7d	1,191	0,262	0,069	0,886	1,472
P1	MTF 0d	0,559*	0,326	0,106	0,321	0,786
	MTF 7d	1,074	0,097	0,009	0,936	1,171
P2	MTF 0d	0,125	0,368	0,111	0,103	0,169
	MTF 7d	0,348	0,778	0,605	0,105	1,739
P3	MTF 0d	0,649**	0,099	0,010	0,569	0,786
	MTF 7d	1,174*	0,261	0,068	0,836	1,555

$\bar{x}$ = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija; CV = koeficijent varijabilnosti; Min = minimum; Max = maksimum; MTF - musculus triceps femoris; ** = $P < 0,01$; * = $P < 0,05$;

6. RASPRAVA

6.1. Proizvodni pokazatelji

Tijekom cijelog razdoblja istraživanja, prasad svih skupina imala je ujednačene tjelesne mase koje su bile u granicama preporučenih vrijednosti za PIC hibrid tijekom zalučenja s 28 dana starosti i kroz razdoblje odgoja u trajanju od 45 dana. U vrijeme prvog kontrolnog vaganja (22. dan) prasad P3 skupine koja je dobivala obrok s dodatkom selena iz biofortificiranih krmiva imala je nešto više prosječne tjelesne mase u odnosu na prasad drugih skupina, no te razlike nisu bile statistički značajne. Na kraju istraživanja najveću prosječnu tjelesnu masu imala je prasad kontrolne skupine, no razlike između skupina nisu bile statistički značajne. Pearsonova analiza korelacije pokazala je jaku pozitivnu korelaciju između tjelesnih masa izmjerenih 22. i 45. dana istraživanja dok je između tjelesnih masa utvrđenih 0. i 22. dana utvrđena vrlo slaba korelacija. Na slične rezultatu ukazuju i Chao i sur. (2019.), naglašavajući da dodatak različitih izvora i oblika selena u hranidbi zalučene prasadi nije imao utjecaja na njihova proizvodna svojstva tijekom razdoblja odgoja, posebice na prirast tjelesne mase i konverziju hrane. Pandolfi i sur. (2018.) navode da je zalučena prasad koja je dobivala u obrocima organski selen imala na kraju uzgoja više tjelesne mase u odnosu na prasad koja je dobivala anorganski selen u obrocima, ali nisu sa sigurnošću mogli utvrditi izravan učinak oblika selena kao jedini razlog tomu. Sayyari i sur. (2018.) ukazuju da je prasad koja je hranjena probiotičkom hranom obogaćena selenom i uzgajana pod toplinskim stresom bila sposobnija održavati imunološke funkcije (povećana proliferacija T limfocita i koncentracija IL-2) te da je imala veću sintezu selenoproteina i veći antioksidativni kapacitet u usporedbi s kontrolnom prasadi, a također je ostvarila i povećani prirast. Cao i sur. (2014.) navode da je prasad koja je dobila 0,3 i 0,7 mg/kg DL-SeMet imala bolji prosječni dnevni prirast. Mahan (2001.) navodi da na proizvodne rezultate prasadi hranjene različitim oblicima selena može utjecati i pasmina i spol prasadi, utvrdivši da su križanci landrasa i jorkšira imali bolje proizvodne pokazatelje od križanaca duroka i jorkšira, a da je ženska prasad križanaca duroka i jorkšira pokazala veći intenzitet prirasta u odnosu na žensku prasad križanaca landrasa i jorkšira. Adadi i sur. (2019.) navode u svojim istraživanjima da su učinci dodavanja biofortificiranog selena bili povoljniji za svinje u pogledu zdravstvenog statusa, imunog odziva i proizvodnih svojstava. Koledziey Skalska i sur. (2020.) navode u svojim istraživanjima da je dodatak povećane razine selena u kombinaciji s vitaminom E u obrocima prasadi rezultirao poboljšanjem svojstava rasta u razdoblju nakon zalučenja pa sve do kraja tova. U našim

istraživanjima muška prasada, tijekom prvog kontrolnog vaganja (22. dan) koja je dobivala obrok s biofortificiranim žitaricama, imala je statistički značajno veću prosječnu tjelesnu masu u odnosu na prasada kontrolne skupine. Također, na kraju istraživanih razdoblja muška prasada druge i treće pokusne skupine te muška prasada kontrolne skupine imala je statistički značajno veću tjelesnu masu u odnosu na prasada prve pokusne skupine koja je u obroku dobivala organski selen. Razliku između svih istraživanih skupina u pogledu prosječnih tjelesnih masa ženske prasadi nisu bile u okvirima statističkih značajnosti. Prosječna vrijednost tjelesnih masa kod drugog kontrolnog vaganja u istraživanju kod ženske prasadi u svim pokusnim skupinama kretala se unutar 600 grama. Utvrđene vrijednosti prosječnih dnevnih prirasta po skupinama ukupno i po spolu bile su u granicama koje su referentne za prasada PIC hibrida tijekom razdoblja odgoja.

Tijekom razdoblja istraživanja nisu utvrđena stanja koja bi narušila zdravlje prasadi (upala pluća, proljev). Ukupno je uginulo 9 prasadi tijekom cijelog razdoblja istraživanja, a najviše uginulih (8%) utvrđeno je kod prasadi kontrolne skupine dok je najmanje uginule prasadi (2%) utvrđeno kod skupine koja je dobivala obrok od biofortificiranih krmiva (P2). Ovi rezultati na tragu su onima koje su prezentirali Jlati i sur., (2014.) ukazujući da dodani selen u obrocima zalučene prasadi povećava ukupni zdravstveni status, povoljno utječe na proizvodna svojstva (rast, kvaliteta mesa, reproduktivne funkcije i imunološki odgovor) čime se smanjuje nepovoljan utjecaj zaraznih bolesti. Kim i Mahan (2001.) navode da na zdravstveni status prasadi hranjene različitim izvorima selena utječe niz čimbenika uključujući kemijski oblik selena, druge prehrambene spojeve, status selena, fiziološki status i pasminu prasadi. Pinelli-Saavedra (2004.) navodi da je upravo razdoblje nakon zalučenja prasadi jedno od kritičnih razdoblja u kojemu može doći do insuficijencije selena i, posljedično, negativnog učinka na zdravlje prasadi te dobi. Zhou i sur. (2021.) navode da je dob prasadi tijekom odbića faktor utjecaja na učinak dodatka selena u hranidbi na razvoj prasadi.

Temeljem rezultata naših istraživanja možemo zaključiti da oblik i količina selena dodanog u obroke zalučene prasadi nisu imali negativnih posljedica na proizvodne pokazatelje i zdravstveni status prasadi tijekom razdoblja odgoja.

6.2. Hematološki pokazatelji

Od hematoloških pokazatelja praćeni su sljedeći pokazatelji: broj leukocita, broj eritrocita, koncentracija hemoglobina, hematokrit, MCV (prosječni volumen eritrocita), MCH (prosječna

količina hemoglobina u eritrocitima), MCHC (prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima) i trombociti (PLT).

Za vrijednosti ukupnog broja leukocita utvrđene su statistički značajne razlike između druge pokusne skupine u odnosu na ostale skupine prasadi u istraživanju. Prasad koja je dobivala u obroku selen iz biofortificiranih krmiva imala je značajno višu razinu ukupnog broja leukocita. Statistički visoko značajne razlike utvrđene su za vrijednosti ukupnog broja leukocita kod muške prasadi između P2 skupine i skupine koja je u obroku dobivala nano selen. Između kontrolne skupine koja je dobivala konvencionalni obrok, skupine koja je dobivala obrok s biofortificirajućim krmivima i skupine koja je dobivala nano selen u obroku utvrđene su statistički visoko značajne razlike u vrijednosti trombocita u krvi muške prasadi ispitivanih skupina 22. dan provedbe istraživanja.

Kontrolna skupina i skupina koja je dobivala obrok s organskim selenom imale su u krvi ženske prasadi 45. dan nakon početka istraživanja statistički visoko značajno nižu prosječnu vrijednost trombocita u odnosu na pokusnu skupinu s nano selenom. Do sličnih rezultata u svojim istraživanjima došli su Hosendlova i sur. (2017.) ukazujući na povoljan učinak selena iz biofortificiranog kukuruza na hematološke pokazatelje zalučene prasadi i, općenito, njihov poboljšani zdravstveni status. Qian i sur. (2019.) također ukazuju na povoljni hematološki status prasadi i odraslih svinja kod konzumiranja selena iz biofortificiranih krmiva. S druge strane, Šperanda i sur. (2014.) nisu utvrdili vezu s dodavanjem selena iz biofortificiranih krmiva na hematološku sliku prasadi i svinja u porastu.

Između dobivenih vrijednosti ukupnog broja eritrocita nisu utvrđene statistički značajne razlike između skupina prasadi u istraživanju. Međutim, između skupine koja je dobivala obrok od biofortificiranih krmiva i skupine koja je imala organski izvor selena u obroku utvrđene su statistički značajne razlike u vrijednosti koncentracije hemoglobina u krvi prasadi ispitivanih skupina. Hefnavy i sur. (2010.) navode da dodatak razina organskog selena od 0.3 do 0.4 ppm u obroke zalučene prasadi ima pozitivan učinak na povećanje sadržaja eritrocita dok nisu utvrdili razlike u povećanju koncentracije hemoglobina. Sayyari i sur. (2018.) ukazuju da je poboljšana opća zdravstvena slika zalučene prasadi u izravnoj vezi s povećanjem koncentracije leukocita i eritrocita u krvi. Shrimali i sur. (2008.) ukazuju da nedostatak selena uzrokuje i smanjenjem broja T stanica, odgovor antitijela i učinkovitosti neutrofila, smanjujući sposobnost izgradnje snažnog imunološkog odgovora i povećavajući osjetljivost na izazove iz okoliša kao što je infekcija. Zhou i sur. (2021.) također navode pozitivan učinak dodavanja organskog selena na zdravstveni i imunološki status zalučene prasadi, posebice na poboljšanje hematoloških parametara. Za prosječne vrijednosti hematokrita nisu utvrđene statistički značajne razlike kod ispitivanih

skupina zalučene prasadi. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednostima hematokrita niti kod muške niti kod ženske prasadi

Od hematoloških pokazatelja utvrđene su i prosječne hematološke vrijednosti MCV (prosječni volumen eritrocita), MCH (prosječna količina hemoglobina u eritrocitima), MCHC (prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima) i trombocita (PLT) u krvi prasadi u odgoju.

Pokusna skupina imala je statistički značajno nižu PLT vrijednost u odnosu na skupinu koja je dobivala nano selen u obroku. Između pokusne skupine koja je dobivala organski selen i skupine koja je dobivala nano selen u obroku utvrđene su statistički visoko značajne razlike u vrijednosti trombocita u krvi prasadi ispitivanih skupina 45. dan provedbe istraživanja. Pearsonova analiza korelacije pokazala je jaku pozitivnu korelaciju između vrijednosti hemoglobina i hematokrita, zatim između MCV i MCH. Srednje jaka korelacija utvrđena je između RBC i HCT, zatim između HGB i MCV te između HGB i MCH. Do sličnih rezultata došli su i Zhou i sur. (2021.). S druge strane, Li i sur. (2014.) nisu utvrdili razlike u hematološkim parametrima kod prasadi hranjene organskim i anorganskim selenom.

U pogledu aktivnosti ključnih enzima utvrđene su enzimatske vrijednosti GPx i SOD u serumu i leukocitima. Između kontrolne i pokusnih skupina utvrđene su statistički visoko značajne razlike u količini GPx u serumu prasadi 45. dan pokusa. Također, utvrđene su statistički značajne razlike u koncentraciji GPx u leukocitima između kontrolne i prve pokusne skupine. Koncentracije SOD u serumu i leukocitima bile su iznad referentnih vrijednosti, ali nisu utvrđene statistički značajne razlike u koncentraciji ovog enzima između ispitivanih skupina zalučene prasadi. Ighodaro i Akinloye (2018.) navode da je glutation peroksidaza ključni enzim koji pomaže u zaštiti stanica od oksidativnog oštećenja katalizirajući redukciju peroksida. Sastavni je dio tjelesnog antioksidativnog obrambenog sustava, a njegova aktivnost neophodna je za održavanje zdravlja stanica i smanjenje rizika od zdravstvenih stanja povezanih s oksidativnim stresom.

Chao i sur. (2019.) navode da je dodatak 0,4 i 0,5 mg Se iz HMSeBA povećao aktivnosti serumske glutation peroksidaze (GPx). Autori također navode da je dodavanje 0,1, 0,2, 0,4, 0,5 mg selena iz HMSeBA povećalo aktivnosti GPx i smanjilo sadržaj malondialdehida (MDA) u jetri te je povećalo aktivnosti serumske superoksid dismutaze (SOD) i jetrene T-AOC aktivnosti, a smanjilo razinu MDA u serumu. Zaključak autora je da bi dodatak u hrani HMSeBA mogao poboljšati taloženje selena u serumu i tkivu te antioksidativni kapacitet prasadi. I brojna druga istraživanja koja su uspoređivala organske i anorganske izvore selena dala su slične rezultate, pri čemu se dosljedno pokazalo da organski izvori povećavaju koncentracije selena u serumu, aktivnost GSH-Px i antioksidacijsku sposobnost (Zhan i sur., 2007.; Li i sur., 2011.; Cao i sur.,

2014.). Zhou i sur. (2021.) navode da hranidba prasadi organskim selenom ima pozitivan učinak na aktivnost glutathion peroksidaze u serumu. Surai (2021.) navodi da je dokazano da je korištenjem organskog selen u hranidbi prasadi moguće poboljšati antioksidacijsku obranu prasadi što potencijalno može poboljšati adaptacijske sposobnosti životinja na različite stresove. Hefnavy i sur. (2010) navode da su dodatci hrani s organskim selenom značajno poboljšali učinak rasta, antioksidacijsku sposobnost (više razine GPx u serumu) i sadržaj selen u plazmi prasadi zalučene prasadi. Dodani organski selen bio je učinkovit u smanjenju upale i oksidativnog stresa kod zalučene prasadi koja je bila oralno inficirana *Salmonella typhimurium* inducirajući aktivnost limfocita i ekspresiju antioksidativnih enzima (Hosendlova i sur., 2017.). Chen i sur. (2019.) navode da povećanje razine selen u obrocima s umjereno smanjenom energijom i proteinima poboljšava antioksidativni status i kvalitetu mesa kod prasadi i tovnih svinja, bez negativnog utjecaja na svojstva rasta.

6.3. Biokemijski pokazatelji

Biokemijski pokazatelji krvi su vrlo korisni podaci kod procjene metaboličkog profila i zdravstvenog stanja prasadi. Tijekom istraživanja praćeni su sljedeći pokazatelji: glukoza, urea, ukupni protein, albumini, globulini, željezo, bakar i cink.

Između ispitivanih skupina prasadi 22. dan od početka istraživanja nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja glukoze u krvi. Također, nisu utvrđene statistički značajne razlike između skupina u pogledu sadržaja uree u krvi, ukupnih proteina, sadržaja albumina, globulina, željeza, bakra i cinka kod ispitivane prasadi. Razlike nisu utvrđene ni između spolova, osim za žensku prasad prve i treće pokusne skupine kod koje je utvrđena statistički značajna razlika u pogledu sadržaja globulina u krvi u odnosu na skupinu koja je dobivala obroke sa selenom iz biofortificiranih krmiva. Također, između prve i druge pokusne skupina utvrđena je statistički značajna razlika u pogledu sadržaja cinka u krvi ispitivane ženske prasadi 45. dan od početka ispitivanja.

Između kontrolne i prve pokusne skupine utvrđena je statistički značajna razlika u pogledu sadržaja željeza u krvi 45. dan u odnosu prema drugoj pokusnoj skupini. Također, između druge i treće pokusne skupine utvrđena je statistički značajna razlika u pogledu sadržaja globulina u krvi ispitivane ženske prasadi 22. dan od početka ispitivanja. Značajna razlika između prve i druge pokusne skupina utvrđena je u pogledu sadržaja cinka krvi ispitivane ženske prasadi 45. dan od

početka ispitivanja. Između prve te druge i treće pokusne skupine utvrđena je statistički visoko značajna razlika u pogledu sadržaja željeza u krvi ženske prasadi 45. dan.

Do sličnih rezultata u svojim istraživanjima došli su i Li i sur. (2011.) ukazujući na pozitivan učinak dodatka organskog selena u obrocima prasadi na poboljšanje biokemijskih parametara, prvenstveno povećanje razine imunoglobulina. Surai (2015.) navodi da dodatak selena u obrocima prasadi u količini od 0.2 ppm do 0.4 ppm ima pozitivan učinak na balans esencijalnih mikroelemenata u krvi. Qian i sur. (2019.) također ukazuju na povoljan hematološki status prasadi i odraslih svinja kod konzumiranja selena iz biofortificiranih krmiva.

Vrijednosti kolesterola u krvi izmjerene kod P3 skupine bile su statistički značajno više ($P < 0.05$) u odnosu na ostale tri ispitivane skupine prasadi. Izmjerene vrijednosti triglicerida u krvi ispitivane prasadi 45. dan od početka istraživanja statistički su se značajno razlikovale između P2 skupine i kontrolne skupine. Između ostalih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike u koncentraciji triglicerida. Usporedbom koncentracija lipoproteina niske gustoće (LDL) između ispitivanih skupina prasadi 45. dan od početka ispitivanja utvrđeno je da je najvišu koncentraciju LDL u krvi imala prasid P1 skupine, što je bilo statistički značajno više u odnosu na prasid kontrolne skupine. Najviše vrijednosti ukupnog bilirubina (TBIL) 45. dan od početka istraživanja utvrđene su kod skupine prasadi koja je u obrocima dobivala selen iz biofortificiranih krmiva, što je bilo statistički visoko značajno više u odnosu na sve druge skupine. Koncentracija imunoglobulina M (IgM) bila je naviša kod prasadi kontrolne skupine (K) i iznosila je 0,49 $\mu\text{g/L}$ što je bilo statistički značajno ($P < 0.05$) više u odnosu na prasid druge i treće pokusne skupine. Koledziey Skalska i sur. (2020.) navode u svojim istraživanjima da je dodatak povećane razine selena u kombinaciji s vitaminom E u obrocima prasadi rezultirao poboljšanjem biokemijskih parametara u serumu, prvenstveno sa sniženjem koncentracije kolesterola i ukupnih triglicerida. I Surai (2015.) navodi da selen u obrocima prasadi pozitivno utječe na gotovo sve biokemijske pokazatelje u serumu. Zhan i sur. (2007.), pak nisu utvrdili smanjenje ukupnih triglicerida i kolesterola u serumu prasadi pri dodavanju u obrok prasadi i tovnih svinja povećanih razina organskog selena (0,3 – 0,5 ppm).

Zhang i sur. (2020.) navode da učinak različitih izvora selena (organski tj. selenometionin, SeMeth/Se-methylselenocysteine, MeSeCys, i anorganski tj. natrijev selenit, NaSe) na imunološku funkciju, ukupno zdravlje i kvalitetu mesa ukazali su da organski oblici selena daju jači imunološki odziv i veće koncentracije selena unutar tkiva za razliku od anorganskog oblika. Čak štoviše, koncentracije IgG, IgA i IgM u serumu skupina s organskim suplementom selena bile su značajno više u usporedbi s anorganskim. MeSeCys također je povećao ekspresiju gena

brojnih selenoproteina jetre i mišića. SeMet i MeSeCys pokazali su napredne sposobnosti za poboljšanje ukupne imunološke funkcije.

Između ispitivanih skupina prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja željeza u mišiću triceps femoris (MTF).

Što se tiče sadržaja željeza u jetri, najveće vrijednosti izmjerene su u jetri prasadi prve pokusne skupine što je bilo statistički značajno više ($P < 0,05$) u odnosu na jetru prasadi druge pokusne skupine dok između ostalih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike. Istraživanja Hassan i sur. (2020.) na tragu su gore navedenih rezultata. Autori su utvrdili značajno povećanje esencijalnih mikroelemenata, prvenstveno željeza u jetri, kod prasadi i tovnih svinja kojima je u obroke dodavan organski selen. Nisu utvrdili značajna povećanja navedenih mikroelemenata kod dodatka anorganskog oblika selena u obrok.

Vrijednosti Zn utvrđene u jetri kod kontrolne skupine prasadi bile su statistički značajno više u odnosu na vrijednosti Zn u jetri prasadi prve i druge pokusne skupine. Također, sadržaj Zn u bubrezima kontrolne skupine prasadi bio je statistički značajno viši u odnosu na sadržaj Zn u bubrezima prasadi svih ostalih skupina. Dalgaard i sur. (2018.) ukazuju na razlike u metabolizmu organskih i anorganskih izvora selena naglašavajući da bioraspoloživost i raspodjela selena u tijelu prasadi ovisi između ostalog i o kemijskom obliku selena. Prema autorima, organski izvori selena bioraspoloživiji su od anorganskih izvora, što rezultira boljim skladištenjem i taloženjem esencijalnih mikroelemenata i nutrijenata u krvi i tkivima

Što se tiče sadržaja selena (Se) u promatranim tkivima i organima utvrđen je statistički značajno viši udio Se u MLD-u prasadi druge pokusne skupine u odnosu na sve ostale ispitivane skupine. Isti slučaj utvrđen je i kod MTF, gdje su kod prasadi koja je dobivala Se iz biofortificiranih krmiva (P2) utvrđene statistički značajno više vrijednosti selena u odnosu na MTF ostalih ispitivanih skupina. Kod srca, jetre, štitnjače i bubrega također je utvrđen statistički značajno ($P < 0,05$) viši sadržaj selena kod prasadi druge pokusne skupine koja je u obrocima dobivala selen iz biofortificiranih krmiva u odnosu na prasad ostalih skupina uključenih u istraživanje.

Ovi rezultati su očekivani i podudaraju se s istraživanjima brojnih autora. Tako Surai (2015.) navodi visoku učinkovitost povećanja koncentracije i sadržaja selena u krvi, tkivima i organima prasadi uslijed povećanja razine organskog i anorganskog selena u obrocima i to u razinama od 0,2 ppm, 0,3 ppm, 0,4 ppm i 0,5 ppm. Veće razine od 0,5 ppm, prema autoru, nepovoljno utječu na povećanje koncentracije i sadržaja ovog nutrijenta u krvi, organima i tkivima. Autor također navodi da je bolja pretvorba, tj. povećanje koncentracije i sadržaja selena

u krvi, organima i tkivima kod prasadi koja je dobivala organski u odnosu na prasad koja je dobivala anorganski selen u hrani.

Rao i sur. (2023.) uspoređivali su dodatak selena u hranidbi prasadi do odbića iz tri različita izvora (natrijev selenit, selenov kvasac i hidroksi-selenometionin - OH-SeMet). Utvrdili su da nije bilo značajnih razlika u pogledu prosječnih devnih prirasta i unosa hrane kod prasadi koja je dobivala selen iz natrijevog selenita i kvasca dok je kod prasadi hranjene OH-SeMet-om uočena tendencija smanjenog prosječnog dnevnog prirasta i povećane koncentracije selena u serumu i tkivu u usporedbi s drugim tretmanima. Autori su utvrdili i značajnu interakciju između izvora selena i dobi prasadi na ukupni antioksidativni kapacitet gdje je brojčano povećanje tijekom vremena bilo manje za OH-SeMet od tretmana natrijevim selenitom ili selenskim kvascem. Koledziej Skalska i sur. (2020.) također navode u svojim istraživanjima da je dodatak povećane razine selena u kombinaciji s vitaminom E u obrocima prasadi rezultirao poboljšanjem razine selena u jetri, gušterači i bubrezima. Adadi i sur. (2019.) navode pak značajno povećanje koncentracije selena u krvi zalučene prasadi, ali istovremeno nisu utvrdili povećanje sadržaja i koncentracije ovog nutrijenta u jetri i mišićima.

S druge strane, Lessard i sur. (2001.) nisu utvrdili povećanje razine selena u krvi, tkivima i organima zalučene prasadi i svinja u tovu uslijed dodavanja organskog i anorganskog selena u koncentraciji od 0,2 i 0,3 ppm u obrocima. Autori ovo objašnjavaju drugim čimbenicima (nenutritivnim). Kieliszek (2019.) navodi da je dodatak selena u obroke prasadi i tovnih svinja u koncentraciji iznad 0,5 ppm rezultirao smanjenjem njihovog sadržaja u serumu i tkivima u usporedbi s prasadi i tovnim svinjama koje su dobivale selen u obroku u količini od 0,2 i 0,3 ppm. Autor ovo objašnjava toksičnim djelovanjem viših razina selena koje imaju negativan učinak na performanse prasadi, uključujući i imuni odgovor.

Sve navedeno ukazuje da sa selenom u hranidbi prasadi i svinja općenito treba biti oprezan kada su u pitanju koncentracije ovog nutrijenta u obrocima. Iako postoje istraživanja koja ukazuju da dodavanje selena u obroke u količini iznad 0,6 ppm nije imalo negativnih posljedica na proizvodna svojstva prasadi i odraslih svinja, većina autora se slaže da bi gornja granica primjene selena u obrocima trebala iznositi maksimalno 0,4 do 0,5 ppm.

Većina autora slaže se, također, da je optimalna vrijednost količine selena, bilo u anorganskom ili organskom obliku, 0,3 ppm, što je u skladu i s rezultatima naših istraživanja. Pri tome treba imati u vidu da se selen iz biofortificiranih krmiva bolje usvaja i ugrađuje u serum, tkiva i organe.

Metoda koja se koristi za mjerenje oksidativnog stresa, a temelji se na spektrofotometriji jest mjerenje koncentracije tiobarbituratskih reaktivnih spojeva (TBARS).

U MLD-u kontrolne skupine ispitivane prasadi utvrđene su statistički značajno više ($P < 0,05$) TBARS vrijednosti izmjerene prvog dana, u odnosu na MLD prve i treće pokusne skupine. U MTF-u treće pokusne skupine ispitivane prasadi, koja je dobivala obroke sa selenom iz biofortificiranih krmiva, utvrđene su statistički značajno niže ($P < 0,05$) TBARS vrijednosti izmjerene prvog dana kao i one izmjerene 7. dana u odnosu na TBARS vrijednosti utvrđene kod kontrolne skupine, kod prve pokusne skupine te kod treće pokusne skupine. Navedeno ukazuje da je dodatak selena (organskog i anorganskog) u obroke prasadi imao pozitivan učinak na smanjenje razine oksidativnog stresa, posebno kod prasadi koja je dobivala obroke sa selenom iz biofortificirajućih krmiva.

Hefnawy i sur. (2010.) također navode pozitivan učinak organskih oblika selena u obrocima prasadi na smanjenje razine oksidativnog stresa pri čemu naglasak stavljaju i na učinkoviti menagment prilikom vođenja proizvodnog procesa, dajući naglasak na učinkovitost sinergije hranidbenog režima i ekoloških čimbenika u proizvodnji prasadi.

Helke i sur. (2020.) navode da je zalučena prasad posebno osjetljiva na oksidativni stres, tako da je kod njih uobičajeno niža razina usvajanja selena iz obroka, u odnosu na druge kategorije svinja. Stoga autori naglašavaju potrebu optimiziranja hranidbenih strategija za zalučenu prasad i iznalaženje izvora i oblika selena u obrocima koji će u budućnosti povećati postotak iskorištavanja selena iz obroka kod ove kategorije svinja.

S druge strane, Mou i sur. (2021.) zaključuju da bi strategija poboljšanja imunog odziva i smanjenja oksidativnog stresa kod zalučene prasadi trebala obvezno obuhvaćati povezanost s hranidbom krmača za vrijeme bređosti i dojnog razdoblja jer smatraju da je učinkovitiji prijenos i usvajanje selena od majke prema prasadi, nego što se to može postići izravnim dodavanjem u obroke zalučene prasadi. Autori navode da zalučena prasad neće moći učinkovito usvajati selen ukoliko je hranidba krmača tijekom bređosti i dojnog razdoblja bila deficitarna s ovim nutrijentom.

Na temelju svega navedenog možemo zaključiti da će uloga selena u hranidbi, posebice zalučene prasadi, u budućnosti imati značajnu ulogu. S obzirom na razvoj svinjogojske proizvodnje, intenzivnu selekciju i povećane zahtjeve za proizvodnošću svinja, svinje su, a posebice prasad, izložene sve većem utjecaju brojnih stresora koji negativno utječu na njihov imuni odziv. Upravo bi nutritivni selen u budućnosti trebao odigrati ključnu ulogu u rješavanju ovih problema.

7. ZAKLJUČAK

Provedbom istraživanja o utjecaju selen u smjesama na proizvodna svojstva, zdravstveni status i imuni odziv zalučene prasadi dobiveni su podatci koji su statistički obrađeni te su na osnovu njih izvedeni sljedeći zaključci:

- Na kraju istraživanja najveću prosječnu tjelesnu masu imala je prasad kontrolne skupine no razlike između skupina nisu bile statistički značajne.
- Tijekom prvog kontrolnog vaganja (22. dan) prasad druge pokusne skupine (P2) koja je dobivala obrok s biofortificiranim žitaricama imala je statistički značajno veću ($P < 0.05$) prosječnu tjelesnu masu u odnosu na prasad kontrolne skupine (K). Također, prasadi utvrđena je u skupini koja je dobivala hranu od biofortificiranih krmiva (P2), a najniža tjelesna masa utvrđena je kod skupine koja je u obrocima dobivala nano selen (P3) i iznosila na kraju istraživanog razdoblja muška prasad druge i treće pokusne skupine te muška prasad kontrolne skupine imala je statistički značajno veću ($P < 0.05$) tjelesnu masu u odnosu na prasad prve pokusne skupine koja je u obroku dobivala organski selen. Prosječna vrijednost početnih tjelesnih masa u istraživanju kod ženske prasadi u svim pokusnim skupinama kretala se unutar 40 grama. Kod prvog kontrolnog vaganja (22. dan) najviša tjelesna masa kod ženske je, što je bilo na razini statističke značajnosti, $P < 0.05$.
- Pearsonova analiza korelacije pokazala je jaku pozitivnu korelaciju između tjelesnih masa ($r(200) = >0,7508$, $p < 0,0001$) izmjerenih 22. i 45. dana istraživanja dok je između tjelesnih masa utvrđenih 0. i 22. dana ($r(200) = 0,3199$, $p < 0,0038$) te 0. i 45. dana ($r(200) = 0,2893$, $p < 0,0092$) utvrđena vrlo slaba korelacija.
- Najviše uginulih (8%) utvrđeno je kod prasadi kontrolne skupine dok je najmanje uginule prasadi (2%) utvrđeno kod skupine koja je dobivala obrok od biofortificiranih krmiva (P2).
- Prosječne hematološke vrijednosti broja leukocita, broja eritrocita, koncentracije hemoglobina i hematokrita kod prasadi u pokusu izmjerene u krvi ukazuju da nije bilo statistički značajnih razlika između ispitivanih skupina prasadi u pogledu broja leukocita i eritrocita te hematokrita, međutim, kod skupine prasadi koja je dobivala u obrocima selen iz biofortificirajućih krmiva utvrđene su statistički značajno više ($P < 0,05$) vrijednosti koncentracije hemoglobina.
- Između kontrolne skupine koja je dobivala konvencionalni obrok (K) i skupine koja je dobivala nano selen u obroku (P3) utvrđene su statistički značajne razlike ($P < 0.05$) u vrijednosti trombocita u krvi prasadi ispitivanih skupina 22. dan provedbe istraživanja.

- Između pokusne skupine koja je dobivala organski selen (P1) i skupine koja je dobivala nano selen u obroku (P3) utvrđene su statistički visoko značajne razlike ($P < 0.01$) u vrijednosti trombocita u krvi prasadi ispitivanih skupina 45. dan provedbe istraživanja.
- Između kontrolne skupine koja je dobivala konvencionalni obrok (K), P2 skupine koja je dobivala obrok s biofortificirajućim krmivima i skupine koja je dobivala nano selen u obroku (P3) utvrđene su statistički visoko značajne razlike ($P < 0.01$) u vrijednosti trombocita u krvi muške prasadi ispitivanih skupina 22. dan provedbe istraživanja.
- Kontrolna skupina K i skupina P1 koja je dobivala obrok s organskim selenom imale su u krvi ženske prasadi 45. dan nakon početka istraživanja statistički visoko značajno ($P < 0.01$) nižu prosječnu vrijednost trombocita u odnosu na pokusnu skupinu s nano selenom (P3) dok je pokusna skupina P2 imala statistički značajno ($P < 0.05$) nižu PLT vrijednost u odnosu na P3 skupinu.
- Pearsonova analiza korelacije pokazala je jaku pozitivnu korelaciju između tjelesnih masa ($r(200) = >0,91445$, $p < 0,0001$) između vrijednosti hemoglobina i hematokrita, zatim između MCV i MCH ($r(200) = >0,95384$, $p < 0,0001$) te MCH i MCHC ($r(200) = >0,88113$, $p < 0,0001$). Srednje jaka korelacija utvrđena je između RBC i HCT ($r(200) = >0,69515$, $p < 0,0001$), HGB i MCHC ($r(200) = >0,62385$, $p < 0,0001$); zatim između HGB i MCV ($r(200) = >0,51195$, $p < 0,0001$) te između HGB i MCH ($r(200) = >0,59304$, $p < 0,0001$).
- Između kontrolne i pokusnih skupina utvrđene su statistički visoko značajne ($P < 0.01$) razlike u količini GPx u serumu prasadi 45. dan pokusa. Također, utvrđene su statistički značajne ($P < 0.05$) razlike u koncentraciji GPx u leukocitima između kontrolne (K) i prve pokusne skupine (P1).
- Između kontrolne (K) i prve (P1) pokusne skupine utvrđena je statistički značajna ($P < 0.05$) razlika u pogledu sadržaja željeza u krvi 45. dan u odnosu prema drugoj pokusnoj skupini (P2).
- Između druge i treće (P2 i P3) pokusne skupina utvrđena je statistički značajna ($P < 0.05$) razlika u pogledu sadržaja globulina u krvi ispitivane ženske prasadi 22. dan od početka ispitivanja.
- Između prve (P1) i druge (P2) pokusne skupina utvrđena je statistički značajna ($P < 0.05$) razlika u pogledu sadržaja cinka u krvi ispitivane ženske prasadi 45. dan od početka ispitivanja.
- Između prve (P1) te druge (P2) i treće (P3) pokusne skupine utvrđena je statistički visoko značajna ($P < 0.01$) razlika u pogledu sadržaja željeza u krvi ženske prasadi 45. dan.

- Vrijednosti kolesterola u krvi izmjerene kod P3 skupine (1,99 mmol/L) bile su statistički značajno više ($P<0.05$) u odnosu na ostale tri ispitivane skupine prasadi.
- Izmjerene vrijednosti triglicerida u krvi ispitivane prasadi 45. dan od početka istraživanja statistički su se značajno razlikovale ($P<0.05$) između P2 skupine i kontrolne skupine. Između ostalih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike u koncentraciji triglicerida.
- Usporedbom koncentracija lipoproteina niske gustoće (LDL) između ispitivanih skupina prasadi 45. dan od početka ispitivanja utvrđeno je da je najvišu koncentraciju LDL u krvi imala prasadi P1 skupine, što je bilo statistički značajno više ($P<0.05$) u odnosu na prasadi kontrolne skupine.
- Najviše vrijednosti ukupnog bilirubina (TBIL) 45. dan od početka istraživanja utvrđene su kod prasadi druge pokusne skupine (P2), što je bilo statistički visoko značajno ($P<0.01$) više u odnosu na sve druge skupine.
- Koncentracija imunoglobulina M (IgM) na početku istraživanja bila je najviša kod prasadi kontrolne skupine (K) i iznosila je 0,49 $\mu\text{g/L}$ što je bilo statistički značajno ($P<0.05$) više u odnosu na prasadi druge i treće pokusne skupine.
- Između ispitivanih skupina prasadi nisu utvrđene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja željeza u mišiću triceps femoris (MTF).
- Što se tiče sadržaja željeza u jetri, najveće vrijednosti izmjerene su u jetri prasadi prve pokusne skupine što je bilo statistički značajno više ($P<0,05$) u odnosu na jetru prasadi druge pokusne skupine dok između ostalih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike.
- Vrijednosti Zn utvrđene u jetri kod kontrolne skupine prasadi bile su statistički značajno više ($P<0,05$) u odnosu na vrijednosti Zn u jetri prasadi prve i druge pokusne skupine. Također, sadržaj Zn u bubrezima kontrolne skupine prasadi (240,82 μg) bio je statistički značajno viši u odnosu na sadržaj Zn u bubrezima prasadi svih ostalih skupina.
- Što se tiče sadržaja selena (Se) u promatranim tkivima i organima, utvrđen je statistički značajno viši ($P<0,05$) udio Se u MLD-u prasadi druge pokusne skupine u odnosu na sve ostale ispitivane skupine. Isti slučaj utvrđen je i kod MTF, gdje su kod prasadi koja je dobivala Se iz biofortificiranih krmiva (P2) utvrđene statistički značajno više ($P<0,05$) vrijednosti selena u odnosu na MTF ostalih ispitivanih skupina.
- Kod srca, jetre, štitnjače i bubrega također je utvrđen statistički značajno ($P<0,05$) viši sadržaj selena kod prasadi druge pokusne skupine, koja je u obrocima dobivala selen iz biofortificiranih krmiva, u odnosu na prasadi ostalih skupina uključenih u istraživanje.
- U MLD-u kontrolne skupine ispitivane prasadi utvrđene su statistički značajno više ($P<0,05$) TBARS vrijednosti izmjerene prvog dana u odnosu na MLD prve i treće pokusne skupine.

- U MTF-u treće pokusne skupine ispitivane prasadi, koja je dobivala obroke sa selenom iz biofortificiranih krmiva, utvrđene su statistički značajno niže ($P < 0,05$) TBARS vrijednosti izmjerene prvog dana kao i one izmjerene 7. dana u odnosu na TBARS vrijednosti utvrđene kod kontrolne skupine, kod prve pokusne skupine te kod treće pokusne skupine.

7. LITERATURA

1. Adadi, P., Barakova, N.V., Muravyov, K.Y., Krivoschapkina, E.F. (2019.): Designing selenium functional foods and beverages: a review. *Food Res Int.* 120:708–25.
2. Adkins, R.S., Ewan, R.C. (1984): Effects of Selenium on Performance, Serum Selenium Concentration and Glutathione Peroxidase Activity in Pigs. *Journal of Animal Science*, Volume 58, Issue 2, February 1984, Pages 346–350
3. Ahsan, U., Kamran, Z., Raza, I. Ahmad, S., Babar, W., Riaz, M.H., Iqbal, Z. (2014): Role of selenium in male reproduction — A review. *Anim Reprod Sci.* 146:55–62.
4. Antunović, Z., Steiner, Z., Steiner, Z., Šperanda, M., Domačinović, M., Karavidović, P. (2005): Content of selenium and cobalt in soil, plants and animals in Eastern Slavonia. *Proceedings of XII International Conference Krmiva* (p. 204), Opatija, Croatia.
5. Arthur, J. R. (2000): The glutathione peroxidases. *Cell Mol. Life Sci.* 57(13-14): 1825-35.
6. Association between antimicrobial usage, biosecurity measures as well as farm performance in German farrow-to-finish farms
7. Baligas, M. S., H. Wang, P., Zhou, J. L., Schwartz, and Diamond, A.M. (2007): Selenium and GPx-1 overexpression protect mammalian cells against UV-induced DNA damage. *Biol. Trace Elem. Res.* 115(3):227-42.
8. Battin, E. E. and J. L. Brumaghim. (2009): Antioxidant activity of sulfur and selenium: A review of reactive oxygen species scavenging, glutathione peroxidase, and metal-binding antioxidant mechanisms. *Cell Biochem. Biophys.* 55(1): 1-23.
9. Bekenev, V., Garcia, A., Hasnulin. V. (2015): Adaptation of piglets using different methods of stress prevention. *Animals*, 5 (2) (2015), pp. 349-360.
10. Bermingham, E.N., Hesketh, J.E., Sinclair, B.R., Koolaard, J.P., Roy, N.C. (2014): Selenium-enriched foods are more effective at increasing glutathione peroxidase (GPx) activity compared with selenomethionine: a meta-analysis. *Nutrients*, 6 pp. 4002-4031
11. Bobček, B., Lahučký, R., Mrázová, J., Bobček, R., Novotná, K. and Vašíček, D. (2004): Effects of dietary organic selenium supplementation on selenium content,

- antioxidative status of muscles and meat quality of pigs. *Czech Journal of Animal Science* 49, 411–417.
12. Boryaev, G., Fedorov, Y., Nevitov, M., (2005): About an effect of selenium preparation on immune system of young pigs. *Agric. Biol.* 4, 64–68.
 13. Brigelius-Flohé, R., Maiorino, M. (2013): Glutathione peroxidases. *Biochim Biophys Acta.* 1830:3289–3303.
 14. Buchet, A. C., Belloc, M., Leblanc-Maridor, and Merlot, E. (2017): Effects of age and weaning conditions on blood indicators of oxidative status in pigs. *PLoS ONE* 12(5): e0178487.
 15. Burk, R.F. (1991): Molecular biology of selenium with implications for its metabolism. *FASEB J Off Publ Fed Am Soc Exp Biol.* 5:2274–9.
 16. Calvo, L., Toldrá, F., Rodríguez, A.I., López-Bote, C., Ana, I., Rey, A.I. (2017): Effect of dietary selenium source (organic vs. mineral) and muscle pH on meat quality characteristics of pigs. *Food Sci. Nutr.*; 5(1): 94-102.
 17. Campbell, T. W., Walker, H. G. and Coppinger, G. M. (1952) Some aspects of the organic chemistry of selenium. *Chemical reviews.* 50: 279–349.
 18. Campbell, J.M., Crenshaw, J.D., Polo, J. (2013.): The biological stress of early weaned piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology* volume 4, Article number: 19.
 19. Cao, J. F., Guo, L., Zhang, B., Dong, and Gong, L. (2014): Effects of dietary selenomethionine supplementation on growth performance, antioxidant status, plasma selenium concentration, and immune function in weaning pigs. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 5(1): 46.
 20. Cao, J., Guo, F., Zhang, L., Dong, B., Gong, L. (2014): Effects of dietary Selenomethionine supplementation on growth performance, antioxidant status, plasma selenium concentration, and immune function in weaning pigs. *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, 5 pp. 1-7
 21. Cao, S.H., Wu, C., Wang, Q., Zhang, L., Jiao, F., Lin, and Hu, C.H. (2018): Diquat-induced oxidative stress increases intestinal permeability, impairs mitochondrial function, and triggers mitophagy in piglets. *J. Anim. Sci.* 96(5):1795-1805.
 22. Chen, J., F. Zhang, W., Guan, H., Song, M., Tian, L., Cheung, K., Sui, J., Song, F., Chen, S. Zhang,
 23. Chu, F.F., Doroshov, J.H., Esworthy, R.S. (1993): Expression, characterization, and tissue distribution of a new cellular selenium-dependent glutathione peroxidase, GSHPx-GI. *J Biol Chem.* 268:2571–6.

24. D'Amato, R., Regni, L., Falcinelli, B., Mattioli, S., Benincasa, P., Dal Bosco, A., Pacheco, P., Proietti, P., Troni, E., Santi, C., Businelli, D. (2020.): Current Knowledge on Selenium Biofortification to Improve the Nutraceutical Profile of Food: A Comprehensive Review. *J. Agric. Food Chem.* 68, 14, 4075–4097.
25. Dalgaard, T.S. Briens, M. Engberg, R.M. Lauridsen, C. (2018.): The influence of selenium and selenoproteins on immune responses of poultry and pigs. *Anim Feed Sci Technol.* 238:73–83.
26. Dalgaard, T.S., Briens, M., Engberg, R.M., Lauridsen, C. (2018): The influence of selenium and selenoproteins on immune responses of poultry and pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 238, 73–83
27. Daun, C., and Åkesson, B. (2004): Glutathione peroxidase activity, and content of total and soluble selenium in five bovine and porcine organs used in meat production. *Meat Science* 66, 801–807.
28. Duntas, L.H., Benvenga S. (2015): Selenium: an element for life. *Endocrine* 48, 756–775
29. Fagan, S., Owens, R., Ward, P., Connolly, C., Doyle, S., Murphy, R. (2015): Biochemical comparison of commercial selenium yeast preparations. *Biol. Trace Elem. Res.*, 166 (2) pp. 245-259.
30. Falk, M., Bernhoft, A., Framstad, T., Salbu, B., Wisløff, H., Kortner, T.M., Kristoffersen, A.B., Oropeza-Moe, M. (2018): Effects of dietary sodium selenite and organic selenium sources on immune and inflammatory responses and selenium deposition in growing pigs. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 50: 527-536.
31. Falk, M., Bernhoft, A., Framstad, T. Salbu, B., Wisløff, H., Kortner, T.M. (2018): et al. Effects of dietary sodium selenite and organic selenium sources on immune and inflammatory responses and selenium deposition in growing pigs. *J Trace Elem Med Biol.* 50:527–36.
32. Falk, M., Bernhoft, A., Reinoso-Maset, E., Salbu, B., Lebed, P., Framstad, T., Fuhrmann, H., Oropeza-Moe, M. (2020): Beneficial antioxidant status of piglets from sows fed selenomethionine compared with piglets from sows fed sodium selenite. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 58, 126439
33. Falk, M., Bernhoft, A., Reinoso-Maset, E., Salbu, B., Lebed, P., Framstad, T., Fuhrmann, H., Oropeza-Moe, M. (2020) Beneficial antioxidant status of piglets from sows fed selenomethionine compared with piglets from sows fed sodium selenite. *J Trace Elem Med Biol.* 58:126439.

34. Falk, M., Lebed, P., Bernhoft, A., Framstad, T., Kristoffersen, A.B., Salbu, B., Oropeza-Moe, M. (2019): Effects of sodium selenite and L-selenomethionine on feed intake, clinically relevant blood parameters and selenium species in plasma, colostrum and milk from high-yielding sows. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 52, 176-185
35. Falka, M., Bernhoftb, A., Reinoso-Masetc, E., Salbuc, B., Lebedc, P., Framstadd, T., HFuhrmanne, H., Oropeza-Moe. M. (2020): Beneficial antioxidant status of piglets from sows fed selenomethionine compared with piglets from sows fed sodium selenite. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* Volume 58, 126439.
36. Ferguson, L.R., Karunasinghe, N., Zhu, S., Wang, A.H. (2012): Selenium and its' role in the maintenance of genomic stability. *Mutat Res Fundam Mol Mech Mutagen.* 733:100–110.
37. Fontaine, M., Valli, Young, L.G. and Lumsden, J.H. (1977): Studies on vitamin E and selenium deficiency in young pigs. I. Hematological and biochemical changes. *Can J Comp Med.* 1977 Jan; 41(1): 41–51.
38. Fontaine, M., Valli, V.E. and L G Young. L.G. (1977) Studies on vitamin E and selenium deficiency in young pigs. IV. Effect on coagulation system. 41(1): 64–76
39. Fontaine, M., Valli, V.E., Young, L.G., Lumsden, J.H. (1977): Studies on vitamin E and selenium deficiency in young pigs. I. Hematological and biochemical changes. *Can. J. Comp. Med.* 41, 41–51.
40. Foresta, C., Flohe, L., Garolla, A., Roveri, A., Ursini, F., Maiorino, M. (2002): Male fertility is linked to the selenoprotein phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase. *Biol Reprod.* 67:967–971.
41. Fortier, M.E., Audet, I., Giguère, A., Laforest, J.P., Bilodeau, J.F., Quesnel, H., Matte, J.J. (2012): Effect of dietary organic and inorganic selenium on antioxidant status, embryo development, and reproductive performance in hyperovulatory first-parity gilts. *J Anim Sci.* 90:231–240.
42. Gavrilović, B., Matešić, D. (1986.): Importance of selenium quantity in soil and fodder in regard to some diseases occurring in cattle, pigs, sheep and poultry. In: Combs, G.F. Jr., Spallholz, J.E., Levander, O.A., Oldfield, J.E. (eds) , *Proc. 3rd Int. Symp. on Selenium in Biology and Medicine*, pp. 740 - 749. Avi. Publ. Co., Westport, CT, USA.

43. Goehring, T.B., Palmer, I.S., Olson, O.E., Libal, G.W., Wahlstrom, R.C. (1984): Effects of seleniferous grains and inorganic selenium on tissue and blood composition and growth performance of rats and swine. *J. Anim. Sci.* 59, 725–732.
44. Grant Maxie, M., Robinson, W.F. (2016): In: Anim PD, editor. Mulberry heart disease of swine. 6th ed. London, UK: Elsevier; p. 39–41.
45. Gupta, M., Gupta, S (2017): An Overview of Selenium Uptake, Metabolism, and Toxicity in Plants. *Front. Plant Sci.* Vol. 7:2074. doi: 10.3389/fpls.2016.02074.
46. Håkansson, J., Hakkarainen, J., Lundeheim, N. (2001): Variation in vitamin E, glutathione peroxidase and retinol concentrations in blood plasma of primiparous sows and their piglets, and in vitamin E, selenium and retinol contents in sows' milk. *Acta Agric. Scand. A*, 51 (4) pp. 224-234.
47. Halliwell, B. (2006): Oxidative stress and neurodegeneration: where are we now? *J. Neurochem.* 97(6):1634-58.
48. Hasana, S., Orrob, T., Valrosa, A., Junnikkalac, S., Peltoniemia, O., Olivieroa, C. (2019.): Factors affecting sow colostrum yield and composition, and their impact on piglet growth and health Author links open overlay Livestock Science, Volume 227, September 2019, Pages 60-67.
49. Hassan, S., Hassan, F., Rehman, M.S. (2020.): Nano-particles of trace minerals in poultry nutrition: potential applications and future prospects. *Biol Trace Elem Res.* 195(2):591–612.
50. Hatfield, D.L., Tsuji, P.A., Carlson, B.A., Gladyshev, V.N. (2014) :Selenium and selenocysteine: Roles in cancer, health, and development. *Trends Biochem Sci.* 39:112
51. Hefnawy, A.E.G., Tórtora-Pérez, J.L. (2010.): The importance of selenium and the effects of its deficiency in animal health. *Small Rumin Res.* 89(2-3):185–92.
52. Helke, K.L., Wolfe, A.M., Smith, A.C., Swagel, R., Gross, R.H., Yao, H., et al. (2020.): Mulberry heart disease and hepatitis dietetica in farm pigs (*Sus scrofa domestica*) in a research setting. *Comp Med.* 70(4):376–83.
53. Hosnedlova, B., Kepinska, M., Skalickova, S., Fernandez, C., Ruttkay-Nedecky, B., Malevu, T.D., et al. (2017.): A summary of new findings on the biological effects of selenium in selected animal species—a critical review. *Int J Mol Sci.* 8(10):2209.
54. Hosnedlova, B., Kepinska, M., Skalickova, S., Fernandez, C., Ruttkay-Nedecky, B., Malevu, T.D., et al. (2018.): Nano-selenium and its nanomedicine applications: a critical review *Int. J. Nanomedicine.* Apr. 10; 13 2107-2128.

55. Hostetler, C.E., Kincaid, R.L., (2004): Gestational changes in concentrations of selenium and zinc in the porcine fetus and the effects of maternal intake of selenium. *Biol. Trace Elem. Res.* 97, 57–70
56. Hu, H., Wang, M., Zhan, X., Li, X. Zhao, R. (2011): Effect of different selenium sources on productive performance, serum and milk Se concentrations, and antioxidant status of sows. *Biol. Trace Elem. Res.*, 142 (3) pp. 471-480.
57. Hu, H., Wang, M., Zhan, X., Li, X., Zhao, R. (2011): Effect of different selenium sources on productive performance, serum and milk Se concentrations, and antioxidant status of sows. *Biol Trace Elem Res.* 142:471–480.
58. Jang, Y.D., Choi, H.B., Durosoy, S., Schlegel, P., Choi, B.R., Kim, Y.Y. (2010.): Comparison of bioavailability of organic selenium sources in finishing pigs. *Asian-Australasian J Anim Sci.* 23(7):931–6.
59. Jasińska, K., Kurek, M.A. (2017): The effect of oil plants supplementation in pig diet on quality and nutritive value of pork meat. *Animal Science Papers and Reports* vol. 35 no. 2, 137-146.
60. Jayaraman, B., Nyachoti, C.M. (2017.): Husbandry practices and gut health outcomes in weaned piglets: a review. *Anim Nutr.* 3(3):205–11.
61. Jia J.Y., (2007): Effect of different source selenium on piglets of sows tissue selenium deposition and blood biochemical parameters. MSc Thesis. Sichuan Agriculture University. Ya'an, Sichuan (China).
62. Jlali, M., Briens, M., Rouffineau, F., Geraert, P.A., and Mercier, Y. (2014): Evaluation of the efficacy of 2-hydroxy-4-methylselenobutanoic acid on growth performance and tissue selenium retention in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 92(1):182-8.
63. Jlali, M., Briens, M., Rouffineau, F., Geraert, P.A., Mercier, Y. (2014.): Evaluation of the efficacy of 2-hydroxy-4-methylselenobutanoic acid on growth performance and tissue selenium retention in growing pigs. *J Anim Sci.* 92:182–188.
64. Joksimović-Todorović, M., Jokić, Ž., Hristov, S. (2006): The effect of different levels of organic selenium on body mass, bodyweight gain, feed conversion and selenium concentration in some gilts tissues. *Acta Vet. Brno.*, 56 pp. 489-495
65. Kawęcka, E., Jacyno, B., Matysiak, A., Kołodziej-Skalska, A., Pietruszka, A. (2013): Effects of selenium and vitamin E supplementation on selenium distribution and meat quality of pigs. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science.* Volume 63, 2013 - Issue 4.

66. Kieliszek, M. (2019.): Selenium—fascinating microelement, properties and sources in food. *Molecules*. 24(7):1298.
67. Kim Y.Y., Mahan D.C. (2001): Prolonged feeding of high dietary levels of organic and inorganic selenium to gilts from 25 kg body weight through one parity. *J. Anim. Sci.* 79, 956–966
68. Kim, and Han, I.K. (2006): Effects of dietary selenium supplementation on growth performance, selenium retention in tissues and nutrient digestibility in growing-finishing pigs. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 19(1): 55-60.
69. Kim, Y.Y. and Mahan, D.C. (2001): Comparative effects of high dietary levels of organic and inorganic selenium on selenium toxicity of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 79, 942–948.
70. Kipp, A.P., Strohm, D., Brigelius-Flohé, R., Schomburg, I., Bechthold, A., Leschik-Bonnet, E., Hesecker, H. (2015): Revised reference values for selenium intake. *J. Trace Elem. Med. Biol.*, 32 pp. 195-199.
71. Kohlmeier, M. (2003): Nutrient Metabolism A volume in Food Science and Technology. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417762-8.X5000-5>.
72. Korpela, H. (1990): Hepatic selenium concentration in pigs with microangiopathy (mulberry heart disease) -- an animal model for the study of oxidative damage. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.* 60(2): 156:158.
73. Kurokawa, S. and Berry, M.J. (2013): Role of the essential metalloid in health. *Met. Ions Life Sci.* 13: 499–534.
74. Labunsky, V.M., Hatfield, D.L., Gladyshev, V.N. (2014): Selenoproteins: Molecular pathways and physiological roles. *Physiol Rev.* 94:739–777.
75. Lessard, M., Yang, W.C., Elliott, G.S., Rebar, A.H., Van Vleet, J.F., Deslauriers, N., et al. (1991.): Cellular immune responses in pigs fed a vitamin E- and selenium-deficient diet. *J Anim Sci.* 69(4):1575.
76. Li, J.G., Zhou, J.C., Zhao, H., Lei, X.G., Xia, X.J., Gao, G., et al. (2011.): Enhanced water-holding capacity of meat was associated with increased Sepw1 gene expression in pigs fed selenium-enriched yeast. *Meat Sci.* 87(2):95–100.
77. Lin C.G., Lin J.Y., Lin Z.Y., Liu Y.X., Zheng J.G. (2013): Effects of different selenium sources on the performance of sows during lactation and the selenium content in plasma and milk. *Chin. J. Anim. Husb.* (21), 48–52,

78. Langaas, F., Brun, E., Frøslie, A. (1990): Estimates of heritability for selenium and glutathione peroxidase levels in pigs. *J Anim Breed Genet.* 108:48–53.
79. Lisiak, D., Janiszewski, P., Blicharski, T., Borzuta, K., Grześkowiak, E., Lisiak, B., Powalowski, K., Samardakiewicz, Ł., Batorska, M., Skrzymowska, K. and Hammermeister, A. (2014): Effect of selenium supplementation in pig feed on slaughter value and physicochemical and sensory characteristics of meat. *Annals of Animal Science* 14, 213–222.
80. Liu, F., Celi, P., Cottrell, J.J., Chauhan, S.S., Leury, B.J., Dunshea, F.R. Effects of a short-term supranutritional selenium supplementation on redox balance, physiology and insulinrelated metabolism in heat-stressed pigs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 102(1): 276-285.
81. Liu, L., Chen, D., Yu, B., Luo, Y., Huang, Z., Zheng, P., et al. (2021.): Influences of selenium-enriched yeast on growth performance, immune function, and antioxidant capacity in weaned pigs exposure to oxidative stress. *Biomed Res Int.* 2021:11.
82. Liu, Y., Espinosa, C.D., Abelilla, J.J., Casas, G.A., Lagos, L.B., Lee, S.A., Kwon, J. K., Mathai, D. M., Navarro, J.L., Jaworski, N.W. and Stein, H.H. (2018): Non-antibiotic feed additives in diets for pigs: A review. *Anim Nutr.* 4(2): 113-125.
83. Liu, Y., Yin, S., Tang, J., Liu, Y., Jia, G., Liu, G., Tian, G., Chen, X., Cai, J., Kang, B., Zhao, H., (2021): Hydroxy selenomethionine improves meat quality through optimal skeletal metabolism and functions of selenoproteins of pigs under chronic heat stress. *Antioxidants*, 10(10):1558.
84. Lovercamp, K.W., Stewart, K.R., Lin, X., Flowers, W.L. (2013): Effect of dietary selenium on boar sperm quality. *Anim Reprod Sci.* 138:268–275.
85. Lu, T., Harper, A.F., Dibner, J.J., Scheffler, J.M., Corl, B.A., Estienne, M.J., Zhao, J., Dalloul, R.A. (2014): Supplementing antioxidants to pigs fed diets high in oxidants: II. Effects on carcass characteristics, meat quality, and fatty acid profile. *J. Anim. Sci.*, 92 pp. 5464-5475
86. Lv, L., Zhang, H., Liu, Z., Lei, L., Feng, Z., Zhang, D., et al. (2020.): Comparative study of yeast selenium vs. sodium selenite on growth performance, nutrient digestibility, anti-inflammatory and anti-oxidative activity in weaned piglets challenged by *Salmonella typhimurium*. *Innate Immun.* 26(4):248–58.

87. Lv, M., B. Yu, X. B., Mao, P., Zheng, J., He, and D. W. Chen. (2012): Responses of growth performance and tryptophan metabolism to oxidative stress induced by diquat in weaned pigs. *Animal*. 6(6):928-934.
88. Lyons, M. P., Papazyan, T. T., Surai, P. F. (2007.): Selenium in Food Chain and Animal Nutrition: Lessons from Nature. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 20: 1135 – 1155.
89. M. Svoboda, M., Ficek, R., Drabek, J. (2008): Efficacy of organic selenium from selenium-enriched yeast on selenium transfer from sows to piglets. *Acta Vet Brno*, 77 (4) (2008), pp. 515-521.
90. Maes, G.D., Dewulf, J., Piñeiro, C., Edwards, S., Kyriazakis, I. (2019.): A critical reflection on intensive pork production with an emphasis on animal health and welfare. *Journal of Animal Science*, Vol. 98, No. Suppl. 1, S15–S26.
91. Mahan D.C. (2000): Effect of organic and inorganic selenium sources and levels on sow colostrum and milk selenium content. *J. Anim. Sci.* 78, 100–105,
92. Mahan, D. C. (1991): Chapter 12 - Vitamin E and selenium in swine nutrition. In: E. R. Miller, D. E. Ullery, A.J. Lewis. *Swine Nutrition*. Butterworth-Heinemann, Oxford, U.K. 193-214.
93. Mahan, D. C. J. E., Jones, J. H., Cline, R. F., Cross, H. S., Teague, A. P., Grifo. (1973): Efficacy of selenium and vitamin E injections in the prevention of white muscle disease in young swine. *J. Anim. Sci.* 36(6): 1104-1108.
94. Mahan, D. C. J. H., Brendemuhl, S. D., Carter, L. I., Chiba, T. D., Crenshaw, G. L., Cromwell, C.R., Dove, A. F., Harper, G. M., Hill, G. R., Hollis, S. W., Kim, M. D., Lindemann, C. V., Maxwell, P. S., Miller, J. L., Nelssen, B. T., Richert, L. L., Southern, T. S., Stahly, H. H., Stein, E., van Heugten, J. T., Yen. (2005): Comparison of dietary selenium fed to growerfinisher pigs from various regions of the United States on resulting tissue Se and loin mineral concentrations, *J. Anim. Sci.* 83(4): 852–857.
95. Mahan, D.C. (2000.): Effect of organic and inorganic selenium sources and levels on sow colostrum and milk selenium content. *J Anim Sci.* 78(1):100–5.
96. Mahan, D.C., Azain, M., Crenshaw, T.D., Cromwell, G.L., Dove, C.R. Kim, S.W., Lindemann, M.D., Miller, P.S., Pettigrew, J.E., Stein, H.H. van Heugten, E. (2014): Supplementation of organic and inorganic selenium to diets using grains grown in various regions of the United States with differing natural Se concentrations and fed to grower–finisher swine. *J. Anim. Sci.*, 92 pp. 4991-4997

97. Mahan, D.C., Cline, T.R. and Richert, B. (1999): Effects of dietary levels of selenium-enriched yeast and sodium selenite as selenium sources fed to growing-finishing pigs on performance, tissue selenium, serum glutathione peroxidase activity, carcass characteristics, and loin quality. *Journal of Animal Science* 77, 2172–2179.
98. Mahan, D.C., Cline, T.R., Richert B. Effects of dietary levels of selenium-enriched yeast and sodium selenite as selenium sources fed to growing-finishing pigs on performance, tissue selenium, serum glutathione peroxidase activity, carcass characteristics, and loin quality. *J Anim Sci.* 77:2172–2179
99. Mangiapane, E., Pessione, A., Pessione, E. (2014): Selenium and selenoproteins: An overview on different biological systems. *Curr Protein Pept Sci.* 15:598–607
100. Mao, X., M. Lv, B., Yu, J., He, P., Zheng, J., Yu, Q., Wang, and D. Chen. (2014) The effect of dietary tryptophan levels on oxidative stress of liver induced by diquat in weaned piglets. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 5(1):49.
101. Marin-Guzman, J., Mahan, D.C., Pate, J.L. (2000): Effect of dietary selenium and vitamin E on spermatogenic development in boars. *J Anim Sci.* 78:1537–1543
102. Martins, SM, De Andrade AF, Zaffalon FG, Bressan FF, Pugine SM, Melo MP, Chiaratti M.R., Marino, C.T., Moretti, A.S., Arruda, R.P. (2015): Organic selenium supplementation increases PHGPx but does not improve viability in chilled boar semen. *Andrologia.* 17:85–90.
103. Mateo, R.D., Spallholz, J.E., Elder, R., Yoon, I., Kim, S.W. (2007.): Efficacy of dietary selenium sources on growth and carcass characteristics of growing-finishing pigs fed diets containing high endogenous selenium. *J Anim Sci.* 85(5):1177–83.
104. Mehdi, Y., Hornick, J.L., Istasse, L., Dufrasne, I. (2013.): Selenium in the environment, metabolism and involvement in body functions. *Molecules.* 18(3):3292–311.
105. Mengistu, B.M., Bitsue, H.K., Huang, K. (2021.): The effects of selenium-enriched probiotics on growth performance, oocysts shedding, intestinal Cecal lesion scores, antioxidant capacity, and mRNA gene expression in chickens infected with *Eimeria tenella*. *Biol Trace Elem Res.* 199(1):278–91.
106. Miller, W.T., Schoening, H.W. (1938.): Toxicity of selenium fed to swine in the form of sodium selenite. *J Agric Res.* 1938, 56: 831-842.

107. Moir D.C., Masters, H.G. (1979): Hepatosis dietetica, nutritional myopathy, mulberry heart disease and associated hepatic selenium level in pigs. *Aust Vet J.* 55:360–4.
108. Mou, D., Ding, D., Li, S. (2020): Effect of maternal organic selenium supplementation during pregnancy on sow reproductive performance and long-term effect on their progeny. *J. Anim. Sci.*, 98, skaa366
109. Mou, D., Ding, D., Yang, M., Jiang, X., Zhao, L., Che, L., et al. (2021.): Maternal organic selenium supplementation during gestation improves the antioxidant capacity and reduces the inflammation level in the intestine of offspring through the NF- κ B and ERK/Beclin-1 pathways. *Food Funct.* 12(1):315–27.
110. Muratori, D., Holanda, S., Woo Kim, J. (2020): Efficacy of Mycotoxin Detoxifiers on Health and Growth of Newly-Weaned Pigs under Chronic Dietary Challenge of Deoxynivalenol, *Toxins*, 12, 311.
111. National Research Council (2005): Mineral tolerance of animals. The National Academies Press, Whashington, DC, USA.
112. Oropeza-Moe, M., Wisløff, H., Bernhoft, A. (2015.): Selenium deficiency associated porcine and human cardiomyopathies. *J Trace Elem Med Biol.* 31:148–56.
113. Pallarés, F.J., Yaeger, M.J., Janke, B.H., Fernández, G., Halbur, P.G. (2002): Vitamin E and selenium concentrations in livers of pigs diagnosed with mulberry heart disease. *J Vet Diagn Investig Off Publ Am Assoc Vet Lab Diagn Inc.* 14:412–4.
114. Pandolfi, F., Edwards, S.A., Maes, D., Kyriazakis, I. (2018.): Connecting different data sources to assess the interconnections between biosecurity, health, welfare, and performance in commercial pig farms in Great Britain. *Front. Vet. Sci.* 5:41.
115. Papp,L.V., Lu, J., Holmgren, A., Khanna, K.K. (2007): From selenium to selenoproteins: synthesis, identity, and their role in human health. *Antioxid. Redox Signal.*, 9 (7) pp. 775-806.
116. Pappas, A.C., Zoidis, E., Surai, P.F., Zervas, G. (2008): Selenoproteins and maternal nutrition. *Comp. Biochem. Physiol. B, Biochem. Mol. Biol.*, 151 (4) pp. 361-372.
117. Patience, J.F., Rossoni-Serão, M.C., Gutiérrez, N.A. (2015): A review of feed efficiency in swine: biology and application. *J Anim Sci Biotechnol.* 6:33.
118. Peeler J.C., Weerapana E. (2022): Chemical Biology Approaches to Interrogate the Selenoproteome. *Acc. Chem. Res.* 52:2832–2840. doi: 10.1021/acs.accounts.9b00379.

119. Perleberg, C., Kind, A., Schnieke, A. (2018.): Genetically engineered pigs as models for human disease. *Dis Model Mech.* 8;11:dmm030783.
120. Perri, A.M., O'Sullivan, T.L., Harding, L.C.S., Wood, R.D., Friendship, R. (2017): Hematology and biochemistry reference intervals for Ontario commercial nursing pigs close to the time of weaning. *Can. Vet. J.*, 58 (4) pp. 371-376.
121. Pu, J., Tian, G., Chen, D., He, J., Zheng, P., Mao, X., Yu, J., Huang, Z. and Yu, B. (2016): Trace mineral overload induced hepatic oxidative damage and apoptosis in pigs with long-term high-level dietary mineral exposure. *J. Agric. Food Chem.* 64(8):1841-1849.
122. Qian, F., Misra, S., Prabhu, K.S. (2019.): Selenium and selenoproteins in prostanoid metabolism and immunity. *Crit Rev Biochem Mol Biol.* 54(6):484–516.
123. Quesnel, H., Renaudin, A., Le Floc'h, N., Jondreville, C., Père, M.C., Taylor-Pickard, J.A., Le Dividich J. (2008): Effect of organic and inorganic selenium sources in sow diets on colostrum production and piglet response to a poor sanitary environment after weaning. *Animal* 2, 859–866
124. Raasch, S., Postma, M., Dewulf, J., Stärk, K.D.C. (2018.): *Grosse Beilage Porcine Health Management* volume 4, Article number: 30.
125. RACEVIČIŪTĖ-STUPELIENĖ, A., VILIENĖ, V., ŽYMANČIENĖ, E., SAŠYTĖ, V., NUTAUTAITĖ, M. (2023): Selenomethionine Utilisation in Fattening Pig Diets and Impact on Productivity and Final Production Quality. *International Conference on Food, Agriculture and Animal Sciences*, Sivas, TURKEY.
126. Rafai, P., Tuboly, S., Biró, H., Jakab, L., Papp, Z.M.L. (1989.): Effect of selenium, vitamin E and riboflavin supplementation of the feed on the humoral and cell-mediated immune responses of growing pigs. *Acta Vet Hung.* 37:201–17.
127. Rederstorff, M., Krol, A., Lescure, A. (2006): Understanding the importance of selenium and selenoproteins in muscle function. *Cell Mol Life Sci.* 63:52–9.
128. Rice, D.A., Kennedy, S., Vitamin, E. (1989): selenium, and polyunsaturated fatty acid concentrations and glutathione peroxidase activity in tissues from pigs with dietetic microangiopathy (mulberry heart disease). *Am J Vet Res.* 50:2101–4.
129. Ringseis, R., Piwek, N. and Eder K. (2007): Oxidized fat induces oxidative stress but has no effect on NF-κB-mediated proinflammatory gene transcription in porcine intestinal epithelial cells. *Inflamm Res.* 56(3):118–125.
130. Sasakiab, Y., Furutanic, A., Furuichid, T., Hayakawae, Y., Ishizekif, S., Kanog, R., Koikeh, F., Miyashitai, M., Mizukamij, Y., Watanabef, Y., Otake, S. (2020.): Development of a biosecurity assessment tool and the assessment of biosecurity levels

- by this tool on Japanese commercial swine farms. Preventive Veterinary Medicine, Volume 175.
131. Sayyari, A., Framstad, T., Krogenæs, A.K., Sivertsen, T. (2018.): Effects of feeding naturally contaminated deoxynivalenol diets to sows during late gestation and lactation in a high-yield specific pathogen-free herd. *Porc Heal Manag.* 4(1):26.
 132. Schrauzer G. (2000) Selenomethionine: A review of its nutritional significance, metabolism and toxicity. *J Nutr.* 130:1653–1656
 133. Schrauzer, G.N. (2001): Nutritional selenium supplements: product types, quality, and safety *J. Am. Coll. Nutr.*, 20 (1) pp. 1-4.
 134. Schrauzer, G.N. (2000): Selenomethionine: a review of its nutritional significance, metabolism and toxicity. *J. Nutr.*, 130 (7) pp. 1653-1656.
 135. Schwab, C.G., Bozak, C.K., Whitehouse, N.L., Mesbah, M.M.A. (1992.): Amino acid limitation and flow to duodenum at four stages of lactation. 1. Sequence of lysine and methionine limitation. *Journal of dairy science*, 75 (1992) 3486–3502. Schwarz, C.,
 136. Schwarz, Ebner, K.M., Furtner, F., Duller, S., Wetscherek, W., Wernert, W., Kandler, K. (2017): Influence of high inorganic selenium and manganese diets for fattening pigs on oxidative stability and pork quality parameters. *Animal*, 11 pp. 345-353
 137. Segerson, E.C., Getz, W.R., Johnson, B.H. (1989) Selenium and reproductive function in boars fed a low selenium diet. *J Anim Sci.* 53:1360–1367
 138. Shojadoost, B., Kulkarni, R.R., Yitbarek, A., Laursen, A., Taha-Abdelaziz, K., Negash, Alkie T, et al. (2019.): Dietary selenium supplementation enhances antiviral immunity in chickens challenged with low pathogenic avian influenza virus subtype H9N2. *Vet Immunol Immunopathol.* 207:62–8.
 139. Shrimali, R.K., Irons, R.D., Carlson, B.A., Sano, Y., Gladyshev, V.N., Jin, M.P., et al. (2008.): Selenoproteins mediate T cell immunity through an antioxidant mechanism. *J Biol Chem.* 283(29):20181–5.
 140. Silva, V.A., Bertechini, A.G., Clemente, A.H., de Freitas, L.F., Nogueira, B.R., de Oliveira, B.L., Ramos, A.D. (2019): Different levels of selenomethionine on the meat quality and selenium deposition in tissue of finishing pigs. *J Anim Physiol Anim Nutr;* 103(6):1866-74.

141. Silva-Guillen, Y.V., Arellano, C., Boyd, R.D., Martinez, G., van Heugten, E. (2020.): Growth performance, oxidative stress and immune status of newly weaned pigs fed peroxidized lipids with or without supplemental vitamin E or polyphenols. *Journal of Animal Science and Biotechnology* volume 11, Article number: 22.
142. Solà-Oriol, D. Gasa, J. (2017): Feeding strategies in pig production: sows and their piglets. *Anim Feed Sci Tech*, 233 pp. 34-52.
143. Sors, T.G., Ellis, D.R., Salt, D.E. (2005): Selenium uptake, translocation, assimilation and metabolic fate in plants. *Photosynth Res.* 86(3):373-89. doi: 10.1007/s11120-005-5222-9.
144. Speight, S.M., Estienne, M.J., Harper, A.F., Barb, C.R., Pringle, T.D. (2012): Effects of organic selenium supplementation on growth performance, carcass measurements, tissue selenium concentrations, characteristics of reproductive organs, and testis gene expression profiles in boars. *J Anim Sci.* 90:533–542.
145. Ste Marie, E.J., Hondal, R.J. (2022): Application of alpha-methyl selenocysteine as a tool for the study of selenoproteins *Methods in Enzymology*, Volume 662.
146. Sunde RA. (1994): Intracellular glutathione peroxidases – structure, regulation, and function. In: Burk RF, editor. *Selenium in Biology and Human Health*. Springer-Verlag; pp. 45–77.
147. Surai P.F., Fisinin V.I. (2016): Selenium in sow nutrition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 211, 18–30,
148. Surai PF. (2006): *Selenium in Nutrition and Health*. Nottingham University Press; Nottingham, UK.
149. Surai, P. (2021.): *Selenium in Pig Nutrition and Health*. VetBooks, Vol 16.
150. Svoboda, M., Fícek, R., Drábek, J. (2008): Efficacy of organic selenium from Se-enriched yeast on selenium transfer from sows to piglets. *Acta Vet. Brno* 77, 515–521,
151. Szuba-Trznadel, A., Hikawczuk, T., Ciura, A., Fuchs, B. (2017): Effect of organic and mineral selenium sources on production performance and selected physiological indicators in swine. *Med. Wet.* 73, 756–763,
152. Tareq, K.M.A., Akter, Q.S., Khandoker M.A.M., Tsujii H. (2012): Selenium and vitamin E improve the *in vitro* maturation, fertilization and culture to blastocyst of porcine oocytes. *J Reprod Dev.* 58:621–628.

153. Thongchalam, K., Rukkwamsuk, T., Chopmchai S. (2012): Blood and semen selenium concentrations and semen quality in boars fed diets supplemented with organic or inorganic selenium. *J Anim Vet Adv.* 11:603–608.
154. Tian, J. Z., M. S. Yun, W. S., Ju, H. F., Long, J. H., Kim, D. Y., Kil, J. S., Chang, S. B., Cho, Y. Y.
155. Toth, R., Csapo, J. (2018): The role of selenium in nutrition – A review. *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria.*
156. United States Food and Drug Administration. (2022.): Code of Federal Regulations Title 21. Food Additives Permitted in Feed and Drinking Water of Animals, sec. 573.920.
157. Ursini, F., Heim, S., Kiess, M., Maiorino, M., Roveri, A., Wissing, J., Flohe, L. (1999): Dual function of the selenoprotein PHGPx during sperm maturation. *Science.* 285:1393–1396.
158. Venäläinen, E.R., Hirvi, T., Hirn, J. (1997): Effect of selenium supplementation on the selenium content in muscle and liver of Finnish pigs and cattle. *J. Agric. Food Chem.* 45, 3, 810–813.
159. Vieira, A.T., Teixeira, M.M., Martins, F.S. (2013.): The role of probiotics and prebiotics in inducing gut immunity. *Front Immunol.* 4:445.
160. Wang X., Zuo Z., Deng J. et al. (2018): Protective role of selenium in immune-relevant cytokine and immunoglobulin production by piglet splenic lymphocytes exposed to deoxynivalenol. *Biol. Trace Elem. Res.* 184, 83–91
161. Wang, Y.P., Yang, P.B., (2013): Effect of selenium yeast, inorganic selenium on the reproduction performance of sows and the selenium in deposition in tissues of piglet. *Chin. Anim. Husb. Vet. Med.* 40, 161–164.
162. White, P. J., Broadley, M. R. (2005.): Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trends in Plant Science*, 10: 586 – 593.
163. White, P.J. (2016.): Selenium accumulation by plants. *Ann Bot.* 117(2):217–35.
164. Woolins, J.D., Laitinen, R. (2011): Selenium and Tellurium Chemistry. From Small Molecules to Biomolecules and Materials. Springer Book.
165. Wright, P.L., Bell, M.C. (1966): Comparative metabolism of selenium and tellurium in sheep and swine. *Am J Phys.* 211:6-10.

166. Xu, G.X., Lu, L.Z., Duan, S.X., Chen, T., Yu, D.L. (2017): Effect of different levels of selenium source on growth performance, reproductive performance and hematological indexes of pregnancy sows. *Feed Ind.* 16–20,
167. Yang, F., Ren, C. and Zhang, Y. (2018): Increasing selenium supply for heat-stressed or actively cooled sows improves piglet preweaning survival, colostrum and milk composition, as well as maternal selenium, antioxidant status and immunoglobulin transfer. *J. Trace Elem. Med. Biol.*
168. Yin, J., M. Liu, W. Ren, J. Duan, G. Yang, Y. Zhao, R. Fang, L. Chen, T. Li, Y. Yin. (2015): Effects of dietary supplementation with glutamate and aspartate on diquat-induced oxidative stress in piglets. *PLoS One* 10(4): e0122893.
169. Yoon, I., McMillan, E. (2006): Comparative effects of organic and inorganic selenium on selenium transfer from sows to nursing pigs *J. Anim. Sci.*, 84 (7) pp. 1729-1733.
170. Yoon, I., Mc Millan, E. (2006): Comparative effects of organic and inorganic selenium on selenium transfer from sows to nursing pigs. *J. Anim. Sci.* 84, 1729–1733,
171. Zarczynska, K., Sobiech, P., Radwinska, J., Rekawek, W. (2013.): Effects of selenium on animal health. *J Elementol.* 18: 329-340.
172. Zhan, X.A., Wang, M., Zhao, R.Q., Li, W.F. and Xu, Z.R. (2007): Effects of different selenium source on selenium distribution, loin quality and antioxidant status in finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 132, 202–211.
173. Zhan, X.A., Wang, M., Zhao, R.Q., Li, W.F., Xu, Z.R. (2007.): Effects of different selenium source on selenium distribution, loin quality and antioxidant status in finishing pigs. *Anim Feed Sci Technol.* 132(3-4):202–11.
174. Zhang, H.J., Xu, D., Tang, M., Yu, G.H., Song, C.Y. (2018): Effects of nutrient level and yeast selenium on growth performance, nutrient apparent digestibility and serum antioxidant indexes of Yantai black pigs. *Chin. J. Anim. Nutr.*, 30, pp: 902-909.
175. Zhang, K., Zhao, Q., Zhan, T., Han, Y., Tang, C., Zhang, J. (2020.): Effect of different selenium sources on growth performance, tissue selenium content, meat quality, and Selenoprotein gene expression in finishing pigs. *Biol Trace Elem Res.* 196(2):463–71.
176. Zheng J.J. (2006): Effect of feed yeast and selenium yeast on sow reproductive performance and piglet performance. MSc Thesis. Sichuan Agriculture University. Ya'an, Sichuan (China).

177. Zheng, P., Yu, B., Lei, M. and Chen, D. (2010): Effects of oxidative stress induced by diquat on arginine metabolism of postweaning pigs. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 23(1):98-10.
178. Zhu, L. J., Zhao, K.L., Chen, X.L. and Xu, J.X. (2012): Impact of weaning and an antioxidant blend on intestinal barrier function and antioxidant status in pigs. *J. Anim. Sci.* 90(8):2581-2589.

8. SAŽETAK

Istraživanje je provedeno na 200 prasadi PIC hibrida svinja pri čemu je prasad bila podijeljena u 4 skupine po 50 prasadi (25 muških i 25 ženskih). Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj dodatka u obroku zalučene prasadi različitih izvora i oblika selena (Se) na proizvodna svojstva i razvoj prasadi, njihov zdravstveni status i antioksidativnu aktivnost. Za potrebe utvrđivanja ukupnih i prosječnih dnevnih prirasta tijekom provedbe istraživanja izvršena su kontrolna vaganja sve prasadi. U svrhu patoanatomskog pregleda 0. dana žrtvovano je po jedno prase iz svake skupine te po pet prasadi iz svake skupine 42. dana pokusa. Nakon žrtvovanja, od svakog praseta uzeti su uzorci duodenuma, jejunuma, mišića, perifernog limfnog čvora, koštane moždine, srca, bubrega, štitnjače i pluća za patoanatomsku pretragu žrtvovane prasadi. Za potrebe hematoloških pretraga, biokemijskih analiza i utvrđivanje aktivnosti enzima uzeti su uzorci krvi iz gornje šuplje vene (vena cava cranialis i 5 ml za biokemijske analize. 42. dan pokusa prasadi je uzeta krv za potrebe biokemijske analize. Iz svakog uzorka odvojeno je 2 ml krvi i centrifugirano na $3000 \times g$ 10 minuta na $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ kako bi se dobila plazma za biokemijska ispitivanja. Ukupno je utvrđeno i analizirano 14 biokemijskih parametara. Utvrđivala se i aktivnost enzima glutathion peroksidaze (GPx) i superoksid-dismutaze (SOD) te sadržaj selena (Se), cinka (Zn) i željeza (Fe) u krvi, tkivima i organima. Utvrđen je pozitivan učinak dodavanja obroka sa Se iz biofortificiranih krmiva na zdravstveni status i preživljavanje prasadi, te na njihov imuni odziv. Kod iste skupine prasadi utvrđene su statistički značajno više vrijednosti koncentracije hemoglobina. Između pokusne skupine koja je dobivala organski selen i skupine koja je dobivala nano selen u obroku utvrđene su statistički visoko značajne razlike u vrijednosti trombocita u krvi prasadi. Utvrđena je, također, jaka pozitivna korelacija između tjelesnih masa, zatim između vrijednosti hemoglobina i hematokrita, između MCV i MCH te MCH i MCHC. Što se tiče sadržaja selena (Se) u promatranim tkivima i organima, utvrđen je statistički značajno viši udio Se u MLD-u prasadi druge pokusne skupine u odnosu na sve ostale ispitivane skupine. Isti slučaj utvrđen je i kod MTF, gdje su kod prasadi koja je dobivala Se iz biofortificiranih krmiva utvrđene statistički značajno više vrijednosti selena u odnosu na MTF ostalih ispitivanih skupina. I kod srca, jetre, štitnjače i bubrega utvrđen je statistički značajno viši sadržaj selena kod prasadi druge pokusne skupine, koja je u obrocima dobivala selen iz biofortificiranih krmiva u odnosu na prasad ostalih skupina uključenih u istraživanje.

Ključne riječi: zalučena prasad, selen, biofortifikacija, imuni odziv

9. SUMMARY

The research was conducted on 200 piglets of PIC hybrid pigs, where the piglets were divided into 4 groups of 50 piglets (25 male and 25 female). The aim of the research was to determine the influence of supplementation of different sources and forms of selenium (Se) in the diet of fattened piglets on production properties and development of piglets, their health status and antioxidant activity. For the purposes of determining the total and average daily gains during the research, control weighings of all piglets were carried out. For the purpose of pathoanatomical examination, one piglet from each group was sacrificed on day 0 and five piglets from each group on day 42 of the experiment. After sacrifice, samples of duodenum, jejunum, muscle, peripheral lymph node, bone marrow, heart, kidney, thyroid and lung were taken from each piglet for pathoanatomical examination of the sacrificed piglet. For the purposes of hematological tests, biochemical analyzes and determination of enzyme activity, blood samples were taken from the superior vena cava (vena cava cranialis and 5 ml for biochemical analyses. On the 42nd day of the experiment, piglet blood was taken for biochemical analysis. 2 ml was separated from each sample blood and centrifuged at $3000 \times g$ for 10 minutes at 4°C to obtain plasma for biochemical tests. A total of 14 biochemical parameters were determined and analyzed. The activity of the enzymes glutathione peroxidase (GPx) and superoxide dismutase (SOD) and the content selenium (Se), zinc (Zn) and iron (Fe) in blood, tissues and organs. A positive effect of supplementing rations with Se from biofortified feeds on the health status and survival of piglets, and on their immune response was determined. In the same group of piglets, are statistically significantly higher values of hemoglobin concentration. Between the experimental group that received organic selenium and the group that received nano selenium in the meal, statistically highly significant differences were found in the value of platelets in the blood of piglets. A strong positive correlation was also found between body masses, then between hemoglobin and hematocrit values, between MCV and MCH and MCH and MCHC. Regarding the content of selenium (Se) in the observed tissues and organs, a statistically significantly higher proportion of Se was found in the MLD of the piglets of the second experimental group compared to all other tested groups. The same case was found in the MTF, where statistically significantly higher selenium values were found in the piglets that received Se from biofortified feed compared to the MTF of the other tested groups. In the heart, liver, thyroid and kidneys, a statistically significantly higher selenium content was found in the piglets of the second experimental group, which received selenium in their meals from biofortified feed compared to the piglets of the other groups included in the research.

Key words: weaned piglets, selenium, biofortification, immune response

PRILOG

I. POPIS TABLICA

Tablica 1. Shema istraživanja

Tablica 2. Sastav početne krmne smjese za prasad

Tablica 3. Sastav premiksa dodanog u početnu krmnu smjesu (Selplex 0,1 %)

Tablica 4. Sastav premiksa dodanog u početnu krmnu smjesu (Selplex 0,1 %)

Tablica 5. Osnovni statistički pokazatelji tjelesnih masa prasadi po skupinama

Tablica 6. Osnovni statistički pokazatelji tjelesnih masa muške prasadi

Tablica 7. Osnovni statistički pokazatelji tjelesnih masa ženske prasadi

Tablica 8. Koeficijenti korelacije između izmjerenih tjelesnih mjera tijekom cjelokupnog istraživanja

Tablica 9. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 0. dan

Tablica 10. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 22. dan

Tablica 11. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 45. dan

Tablica 12. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 0. dan

Tablica 13. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 22. dan

Tablica 14. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 45. dan

Tablica 15. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti muške prasadi 0. dan

Tablica 16. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti muške prasadi 22. dan

Tablica 17. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti muške prasadi 45. dan

Tablica 18. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti ženske prasadi 0. dan

Tablica 19. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti ženske prasadi 22. dan

Tablica 20. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti ženske prasadi 45. dan

Tablica 21. Koeficijenti korelacije između izmjerenih hematoloških vrijednosti

Tablica 22. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 0. dan

Tablica 23. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 22. dan

Tablica 24. Osnovni statistički pokazatelji hematoloških vrijednosti prasadi 45. dan

Tablica 25. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi prasadi 0. dan

Tablica 26. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi prasadi 22. dan

Tablica 27. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi prasadi 45. dan

Tablica 28. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi ženske prasadi 0. dan

Tablica 29. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi ženske prasadi 22. dan

Tablica 30. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi ženske prasadi 45. dan

Tablica 31. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi muške prasadi 0. dan

Tablica 32. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi muške prasadi 22. dan

Tablica 33. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi muške prasadi 45. dan

Tablica 34. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi prasadi 0. dan

Tablica 35. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi prasadi 22. dan

Tablica 36. Osnovni statistički pokazatelji biokemijskih parametara u krvnoj plazmi prasadi 45. dan

Tablica 37. Osnovni statistički pokazatelji sadržaja željeza (Fe) u pojedinim tkivima i organima ($\mu\text{g/g}$)

Tablica 38. Osnovni statistički pokazatelji sadržaja cinka (Zn) u pojedinim tkivima ($\mu\text{g/g}$)

Tablica 39. Osnovni statistički pokazatelji sadržaja selena (Se) u pojedinim tkivima ($\mu\text{g/g}$)

Tablica 40. Osnovni statistički pokazatelji vrijednosti boje srca

Tablica 41. Osnovni statistički pokazatelji vrijednosti boje MLD-a

Tablica 42. Osnovni statistički pokazatelji vrijednosti boje MTF

Tablica 43. Osnovni statistički pokazatelji vrijednosti TBARS-a za MLD u svježem stanju i nakon 7 dana u hladnjaku ($\mu\text{g mDA/g}$)

Tablica 44. Osnovni statistički pokazatelji vrijednosti TBARS-a za MTF u svježem stanju i nakon 7 dana u hladnjaku ($\mu\text{g mDA/g}$)

II. POPIS SLIKA

Slika 1. Atomska i fizikalna svojstva selena (*de Laeter i sur., 2000.*)

Slika 2. Cistein i selenocistein (Si i sur., 2022.)

Slika 3. Metionin i selenometionin

Slika 4. Pregled strategija biofortifikacije kojima se ostvaruje obogaćivanje usjeva Se: 1) genetička biofortifikacija; agronomska biofortifikacija 2) folijarnom primjenom ili 3) gnojdbom tla te integrirana s mikroorganizama 4) inokuliranim u biljke ili 5) primijenjenima u tlu; 6) primjena zelenog gnojiva bogatog organskim oblicima Se, dobivenog od hiperakumulatora/akumulatora Se korištenih u fitoremedijaciji ili raslih na seleniferanom tlu; 7) biofortifikacija nanoselenom (SeNPs) tehnikom folijarne gnojidbe ili navodnjavanjem tla; 8) sadnja hiperakumulatora Se u blizini usjeva ili između redova usjeva (*preuzeto od Sabo i sur., 2021.*)

Slika 5. Dismutaciju (pretvorba) superoksidnih radikala ($O_2^{\cdot-}$) u manje štetne oblike kisika, odnosno vodikov peroksid (H_2O_2) i molekularni kisik (O_2)

Slika 6. Katalitički ciklus glutathion - peroksidaze

Slika 7. Zalučena prasid neposredno nakon useljavanja u obor (Foto: Jurčević, J.)

Slika 8. Analiza obroka za prasid u pokusu u Laboratoriju za hranidbu domaćih životinja Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku (Foto: Jurčević, J.)

Slika 9. Priprema uzoraka za patoanatomske pretrage (Foto: Jurčević, J.)

Slika 10. Provjera rezultata hematoloških istraživanja (Foto: Jurčević, J.)

III. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Utrošak hrane za kg prirasta (g/kg) u prvom razdoblju istraživanja

Grafikon 2. Utrošak hrane za kg prirasta (g/kg) u drugom razdoblju istraživanja

Grafikon 3. Uginuća prasidi tijekom istraživanja **Grafikon 4.** Porast koncentracije GPx i SOD u serumu i eritrocitima po skupinama

ŽIVOTOPIS

Jakov Jurčević rođen je 11.5.1963. u Stipanjićima, općina Tomislavgrad, Republika Bosna i Hercegovina. Osnovnu i srednju školu (gimnaziju) pohađao je u Tomislavgradu. 1982. godine upisuje poljoprivredni fakultet u Osijeku koji završava 1992. godine i stječe naziv diplomirani inženjer poljoprivrede za stočarstvo. Od 1989. do 1991. godine zaposlen je kao kontrolor kvalitete prehrambenih proizvoda u UPI Sarajevo, poslovna jedinica Osijek. Od 1994. do 2002. godine radi kao tehnolog na svinjogojskoj farmi u Saveznoj republici Njemačkoj. Nakon povratka u Hrvatsku, 2003. se zapošljava u Belju d.d., kao tehnolog u svinjogojstvu, a od 2005. do 2007. kao tehnolog u Tvornici stočne hrane (TSH). 2007. godine postaje voditelj farme za tov svinja a od 2007. do 2008. radi na mjestu Koordinatora za reproduktivnu proizvodnju u PC Svinjogojstvo. Od 2008. do

2011. godine koordinator je za investicije i izgradnju svinjogojskih farmi, a 2011. godine postaje direktor PC svinjogojstva u Vupik d.o.o., na kojem mjestu radi do danas. Sudjelovao je kao suradnik na projektima „Provedba apliciranja gnojovke i digestata na obradivim površinama injektiranjem u tlo u Republici Hrvatskoj, uz monitoring i laboratorijsku analizu na dušik, fosfor i kalij“ (2006.-2014.) i „Uspostavljanje poslovanja sustava svinjogojskih farmi za 380 000 svinja na 18 lokacija, kontrola upravljanja nusproizvodima u stočarstvu i primjena digestata i gnojovke na tlo“ (2006.-2014.). U autorstvu i koautorstvu objavio je 16 znanstvenih i stručnih radova te je sudjelovao na 8 međunarodnih znanstvenih skupova. Od stranih jezika koristi se njemačkim (B2 razina) i engleskim (A2 razina). U radu se koristi računalnim programima Microsoft Office, Internet Browser (Internet Explorer, Google Chrome) te Jupiter Software. Ima položen vozački ispit AM, B, C1, C, F i G kategorije. Član je Hrvatskog agronomskog društva. Oženjen je i otac četvero djece. Hrvatski je branitelj i sudionik Domovinskog rata.

