

Živinarstvo

GOD. LVI

Br. 3/4 – 2022.



STRUČNO-NAUČNI ČASOPIS

ISSN 0354-4036



STRUČNO-NAUČNI ČASOPIS
GOD. LVI – BR. 3-4
BEOGRAD 2022.

Izdavač



Centar za informisanje, izdavaštvo,
inovacije i propagandu – Beograd

Direktor

Dipl. vet. Dušanka Čobanović

Tehnički urednik

Dr sc. vet. med. Nikola Čobanović

Predsednik Udruženja za živinu i ptice
Prof. dr Radmila Resanović

Kompjuterska i grafička priprema
Aleksandar Petrović

Štampa „M' Co” Beograd

Adresa redakcije:
11000 Beograd, p. fah 22,
Bul. oslobođenja 18
(Veterinarski fakultet)
Tel/faks: 011/2644-841
e-mail: ciiip-z@eunet.rs
dusanka.cobanovic@gmail.com

Kontakt vreme:

Sreda i četvrtak od 11 do 13 časova



SADRŽAJ

UTICAJ SELENA NA IMUNSKI SISTEM ŽIVINE	6
GIARDIOSA PTICA	15
PREDUSLOVI U POGLEDU ZDRAVLJA ŽIVOTINJA POTREBNI ZA IZVOZ U EU	19
AVIAN INFLUENZA AND ND	37
RESTRIKCIJA VODE KOD RODITELJA	63
ENGLNESKI U RAZNIM SITUACIJAMA – XLVIX	65

Pretplata na časopis za 2022. godinu:
za pravna lica **6.000* din.**, za pojedince **2.500* din.**, za inostranstvo **100* EUR.**

Tekući račun: **CIIP „Živinarstvo” 160-419455-92**

Devizni žiro račun: **RS35-160-0053800014340-49**

Primljeni rukopisi se ne vraćaju



| UTICAJ SELENA NA IMUNSKI SISTEM ŽIVINE

SVETLANA MILANOVIĆ, OLIVERA VALČIĆ, I. JOVANOVIĆ^{1,2}

| KRATAK SADRŽAJ

Selen je mikroelement koji ulazi u sastav mnogih proteina i enzima neophodnih u odbrani od oksidativnog stresa, aktivaciji i deaktivaciji tireoidnih hormona i adekvatnom imunskom odgovoru. Poseban izazov u intenzivnoj živinarskoj proizvodnji predstavlja način držanja ptica, koji pogoduje širenju zaraznih bolesti, te je pravilna i balansirana ishrana, osim za zadovoljenje osnovnih i proizvodnih potreba jedinki, neophodna i za pravilan rad imunskog sistema. Selen je, pored ostalih mikroelemenata, izuzetno važan u tom smislu. On kao gradivni element proteina i enzima utiče na gotovo sve segmente imunskog sistema (urođeni i stečeni, celularni i humoralni).

Ova činjenica je važna jer dodavanje u hranu selena u obliku selenocisteina i selenometionina može imati različit efekat zbog toga što se metabolizam ovih aminokiselina i neorganskog selena vrlo razlikuju.

Ključne reči: selen, imunitet

| UVOD

Selen pripada mikroelementima, jer je u organizmu zastupljen sa manje od 100 mg/kg telesne mase. Jedinstven je po tome što u sastav proteina ulazi kao dva-deset prva aminokiselina – selenocistein, a ne kao kofaktor (*Roman i sar., 2014*). Na osnovu genoma, do sada je utvrđeno da postoji 25 selenoproteina kod sisara, sa različitim biološkim funkcijama. Neki od značajnijih selenoproteina su glutation peroksidaze (ima ih 5), tioredoksin reduktaze i jodotironin dejodinaze (ID). Glutation peroksidaze (GPx) su uključene u ćelijsku signalizaciju, uklanjanje

1 Doc. dr Svetlana Milanović, prof. dr Olivera Valčić, prof. dr Ivan Jovanović, Fakultet veterinarske medicine, Katedra za fiziologiju i biohemiju, Beograd. *cecam@vet.bg.ac.rs.

2 Rad referisan na XXX Savetovanju živinara – Tara 2021.



nje viška hidroperoksida i održavanje ćelijske redoks homeostaze, zajedno sa tioredoksin reduktazom. Jodotironin dejodinaze su selenoenzimi koji aktiviraju i deaktiviraju tireoidne hormone.

Sinteza selenoproteina je regulisana količinom dostupnog selena i prilikom deficita, postoji hijerarhija u kojoj se selen preusmerava u sintezu određenih selenoproteina te je njihova aktivnost očuvana (*Howard i sar., 2013; Seyedali i Berry, 2014*). Na primer, prilikom deficita selena, očuvana je aktivnost GPx4 i ID2, a opada aktivnost GPx1.

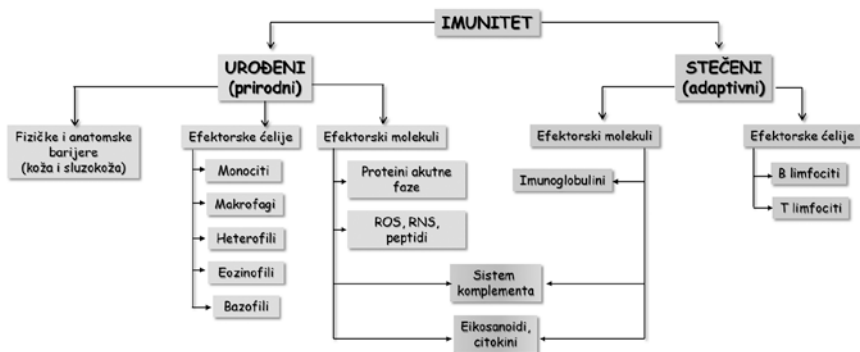
Manja količina selena u hrani za živinu može se javiti kao posledica korišćenja biljaka uzgajanih na selendeficitnom zemljištu. Kako je Balkansko poluostrvo siromašno selenom, ukoliko se koriste biljke sa ovog područja, treba razmotriti dodatnu primenu preparata selena. Potrebe jedinki za selenom, prema preporukama NRC, su 0,15 mg/kg hrane za brojlere i 0,1 mg/kg hrane za nosilje. Međutim, proizvođači određenih hibrida daju svoje preporuke koje se razlikuju od preporuka NRC. Za neke od njih, dati su podaci u tabeli 1.

TABELA 1.

Preporuke za količinu selena u ishrani različitih hibrida živine

	Brojleri					Nosilje		
(mg/kg krane)	Avian	Cobb100	Ross	Hybro	Hubbard	Babcock	Bovans	Hyline
Selen	0,30	0,225	0,15	0,25	0,20	0,3	0,25	0,15

Uticaj selena na različite segmente imunskog odgovora se intenzivno proučava, ali treba uzeti u obzir da je imunski sistem ptica kompleksni sistem koji čine urođeni i stečeni imunitet, a obe navedene komponente imunskog sistema uključuju specifične ćelije i molekule. Urođeni imunitet podrazumeva anatomske i fiziološke barijere (koža, sluzokoža u kojoj su specifične epitelne ćelije koje luče proteine sa antimikrobnim dejstvom-defenzini, lizozim, muramidaza, kriptocidini), efektorske ćelije nespecifičnog imuniteta (NK ćelije, mononukleari i granulociti), cirkulišuće efektorske proteine (sistem komplementa, proteini akutne faze, lizozim, properidin), zapaljensku reakciju (citokini, interferoni, faktori migracije, faktori proliferacije, proteini akutne faze), intraepitelne B i T limfocite. Stečeni imunitet obuhvata efektorske ćelije specifičnog imuniteta kao što su T limfociti (T pomoćne, citotoksične, memorijske, supresorske, T ćelijske ubice) i B limfociti (plazmociti i memorijske ćelije) kao i cirkulišuće efektorske proteine (sistem komplementa i imunoglobulini). Selen preko svojih efektorskih proteina (enzima) može imati uticaj na gotovo sve ove komponente, čak i posredno preko tireoidne osovine, jer ulazi u sastav dejodinaza koje aktiviraju/deaktiviraju tireoidne hormone.



Slika 1. Šema imunskog sistema ptica

IMUNOMODULATORNI EFEKTI SELENA

Selenoproteini imaju imunomodulatorne efekte preko različitih mehanizama (Huang i sar., 2012). Uopšteno, postoji nekoliko načina na koji ishrana jedinki može uticati na eliminaciju patogena kroz modulaciju imunskog sistema. Smatra se da selenoenzimi glutation peroksidaze i tioredoksin reduktaze deluju komplementarno, obezbeđujući redoks ravnotežu koja je ključni faktor u modulaciji imunskog odgovora. Na primer, prilikom aktivacije makrofaga vrlo je bitna kontrola oksidacije i redukcije metionina u sastavu aktina te je aktivnost navedenih selenoenzima važna u regulaciji prirodnog imunskog odgovora.

Selen je zastupljen u mnogim tkivima vezanim za imunski sistem: kostnoj srži, timusu, jetri, slezini i limfnim čvorovima (Huang i sar., 2012); kao i ćelijama imunskog sistema – limfocitima, granulocitima, monocitima i makrofagima. Neki od selenoproteina su uključeni u ćelijsku aktivaciju i diferencijaciju, pa su i na taj način važni za urođeni i stečeni imunski odgovor.

Osim toga, selenoproteini su uključeni i u zaštitu od oksidativnog stresa. Selenoenzimi iz grupe glutation peroksidaza su u tom smislu najvažniji. Zastupljeni su u gotovo svim tkivima. Pošto se u fagocitima proizvodi puno slobodnih radikala kako bi se uništio patogen, antioksidativni enzimski sistemi imaju ulogu da neutrališu njihov višak i onemogućavaju oštećenje sopstvenih ćelija. Iako je GPx1 među najzastupljenijim enzimima iz familije glutation peroksidaza, u odnosu na ostale selenoenzime, njegova se aktivnost najviše narušava u uslovima deficita selena. Manje reaktivan imunski sistem može za posledicu imati povećanu osetljivost na virusne bolesti.

Neki autori smatraju da suplementacija selenom može potencijalno pojačati celularni imunski odgovor jer selen utiče na povećanje ekspresije IL-2 receptora na T ćelijama i pojačava T ćelijski odgovor (McKenzie i sar., 1998).



UTICAJ SELENA NA UROĐENI IMUNITET

Selenoproteini imaju veliku ulogu u antiinflamatornom odgovoru, kao i u antioksidativnoj zaštiti. U fiziološkim uslovima postoji ravnoteža između količine slobodnih radikala - ROS (reaktivne vrste kiseonika) i RNS (reaktivne vrste azota) i aktivnosti antioksidativnih sistema. Međutim, u uslovima stresa prilikom infekcije, ROS učestvuje u aktivaciji i signalizaciji (*Vladimirov i Proskurnina, 2009*). Makrofagi su deo prirodnog imuniteta koji fagocituju mikroorganizme zahvaljujući postojanju različitih mehanizama posredovanih sa Fc receptorima i/ili sistemom komplementa. U toku fagocitoze proizvode i ROS i RNS kao odgovor na interakciju specifičnih molekula patogena (PAMP) i receptora (PRRs) (*Gordon i Martinez-Pomares, 2017*). Selenoproteini su tom prilikom glavni antioksidansi koji ublažavaju citotoksični efekat proizvedenih slobodnih radikala (*Vunta i sar., 2008*), ali i ograničavaju replikaciju patogena (*Markley i sar., 2017*). Kod piladi je dokazano da deficit selena ima negativan uticaj na broj fagocita, kao i na njihovu sposobnost fagocitoze (*Dietert i sar., 1990*).

Heterofili su polimorfonuklearni leukociti ptica čija je uloga uporediva sa ulogom neutrofila kod sisara koji proizvode značajnu količinu ROS i imaju dominantnu fagocitnu ulogu u perifernoj krvi. Pokazano je da deficit selena ne utiče na broj heterofila, ali može uticati na njihovu funkcionalnost. Prilikom deficita selena, heterofili su imali smanjenu mogućnost fagocitoze *S. typhimurium* (*Dietert i sar., 1983*).

Deficit selena utiče i na intestinalnu mukozu gde je uočena smanjena količina IgA, povećan nivo proinflamatornih i smanjen nivo antiinflamatornih citokina (*Liu i sar., 2016*). Sa druge strane, i prekomerna količina selena može negativno uticati na procese migracije i fagocitoze.

UTICAJ SELENA NA STEČENI (ADAPTIVNI) IMUNITET

Imunoglobulini (antitela) predstavljaju produkt B limfocita. Uloga im je da prepoznaju i neutrališu određene antigene i na taj način spreče ulazak i širenje patogena kao i da smanje toksičnost njihovih produkata. Vezi vanjem za površinu patogena omogućavaju prepoznavanje od strane fagocita, a takođe i aktivaciju komplementa. Sve ovo kao krajnji cilj ima uništavanje patogena. Sposobnost imunskog sistema organizma da produkuje antitela na određene antigene je od presudnog značaja i za primarnu infekciju i za odgovor na vakcine (*Moser i Leo, 2010*).

Ima malo podataka o uticaju selena na stečeni imunitet. Nekoliko istraživanja potvrđuju pozitivan uticaj selena na nivo antitela nakon vakcinacije protiv Gumboro bolesti (*Arshad i sar., 2005; Shekaro i sar., 2012*). Međutim, *Rao i saradnici*



(2013) nisu utvrdili da organski selen u različitim količinama u hrani ima uticaj na nivo antitela specifičnih za vakcinalni virus atipične kuge peradi. *Pardechi i sar.* (2020) su upoređivali uticaj različitih oblika selena (neorganski, organski i nanočestice) na nivo antitela virusa avijarne influence, atipične kuge peradi i ovčije eritrocite. Titar antitela protiv avijarne influence je kod svih tretiranih grupa bio statistički značajno veći u odnosu na kontrolnu grupu, ali oblik selena nije uticao na nivo At. Međutim, titar antitela protiv atipične kuge peradi uopšte se nije razlikovao između grupa i kontrole, odnosno, različiti oblici i različite količine selena u hrani uopšte nisu imale uticaj na nivo At.

Različit uticaj selena je uočen kod T zavisnog i T nezavisnog odgovora. Zahvaljujući receptorima na površini, T limfociti mogu odgovoriti na stimulaciju antigenima tako što proizvode različite solubilne molekule koji mogu uticati na eliminaciju patogena. Postoji nekoliko populacija T limfocita, a istraživanja vezana za selen su bila vezana za citotoksične T ćelije (CD3+ i CD8+) i T pomoćničke ćelije (CD4+). Citotoksični T limfociti su odgovorni za prepoznavanje ćelija u kojima su virusi ili disfunkcionalnih ćelija (npr. tumorske) i izazivaju apoptozu tako što sekretuju perforin i granzim. T pomoćničke ćelije (Th) mogu da sekretuju različite citokine koji aktiviraju druge ćelije imunskog sistema i tako pomognu eliminisanju patogena (*Moser i Leo, 2010*).

Deficit selena je negativno uticao na razvoj timusa brojlera kao i manji broj citotoksičnih T limfocita u perifernoj krvi (*Peng i sar., 2011*). Sa druge strane, organski selen nije uticao na broj leukocita ni na relativnu težinu limfoidnih organa brojlera, ali je ćelijski imunitet pokazao veći kapacitet za proliferaciju pri upotrebi većih količina selena (*Rao i sar., 2013*). Upotreba seleniziranog kvasca kod brojlera dovela je do povećanja broja i CD4+ i CD8+ T limfocita u perifernoj krvi (*Levkut i sar., 2009*).

Nedovoljno istraženo polje je uticaj selena na infekciju RNK virusima kao i vakcinaciju (korona virusi pripadaju RNK virusima). Karakteristika ovih virusa je da imaju veliku sposobnost da mutiraju u virulentnije sojeve. Smatra se da selen pomaže Th1 tipu imunskog odgovora. Takođe, ima nedovoljno podataka koji upoređuju uticaj neorganskog i organskog selena. U radu *Da Silve i saradnika (2010)* utvrđeno je da brojleri koji su hranom dobijali selenizirani kvasac, imaju veći H/L odnos. Međutim, jedinke hranjene natrijum selenitom (neorganskim selenom) su imale veći titar antitela nakon vakcinacije protiv Gumboro bolesti i imunizacije sa ovčijim eritrocitima.

| SELEN I INFEKTIVNE BOLESTI ŽIVINE

Suplementacija živine selenom u količini većoj od potreba dovela je do povećane otpornosti i ublažavanja simptoma kod kokcidioze, nekrotičnog enteritisa



i infekcije sa *E. coli* (Mahmoud i Edens, 2005; Wunderlich i sar., 2014; Lee i sar., 2014a; Lee i sar., 2014b; Xu i sar., 2015).

Kokcidioza je značajno parazitsko oboljenje kod živine, koja na globalnom nivou izaziva velike ekonomske gubitke. Za oboljenje su karakteristični oksidativni stres, zapaljenje, malapsorpcija, dijareja, gubitak tečnosti i dehidracija, pri čemu se smatra da je oksidativni stres ključni inicijalni događaj za infekciju uzročnicima (Wunderlich i sar., 2014). Epitelne ćelije domaćina aktiviraju NADPH oksidazu vezanu za membranu i počinje sinteza superoksidnih radikala i peroksida. Heterofili i makrofagi proizvode superoksidni jon zahvaljujući NADPH sintezi unutar fagozoma, a nastali slobodni radikali suprotstavljaju se invaziji parazita.

Nekrotični enteritis je oboljenje creva izazvano *Clostridium perfringens* Tip A. Za ovo oboljenje predisponirajući faktor je kokcidioza, jer nastaju oštećenja mukoze te kolonizacija creva sa *Clostridia perfringens*. Bakterija oslobađa NetB toksin koji oštećuje tkivo jejunuma i duodenuma. Nekroze na sluznici creva smanjuju mogućnost apsorpcije hranljivih materija, pa dolazi do gubitka težine. Lee i saradnici (2014) su dobili zanimljive rezultate nakon aplikacije natrijum selenita *in ovo*, osamnaestog dana inkubacije i zaražavanja pilića starih 14 dana najpre sa *E. maxima*, a nakon 4 dana sa *Clostridium perfringens*. Tretman sa natrijum selenitom je doveo do povećanja težine jedinki, smanjenja lezija creva, smanjenja produkcije oocista parazita i povećanja iRNK za interleukine IL1, IL6 i IL8 i antitela za a toksin i NetB toksin. U radu Xu i saradnika (2015), povećana količina selena u hrani (0,5mg/kg hrane) je redukovala lezije i povećala nivo antitela na NetB toksin.

Infekcija izazvana sa APEC (Avian pathogenic Escherichia coli) dovodi do fatalne septikemije i velikog morbiditeta i mortaliteta (Guabiraba i Schouler, 2015). U poslednje vreme predstavlja veliki problem i kod ekstenzivnog načina držanja (slobodno držanje i organska proizvodnja). Postoji nekoliko studija u kojima je dodavanje selena imalo pozitivan uticaj na ishod bolesti kada su jedinke bile izložene ovom patogenu (Larsen i sar., 1997; Mahmoud i Edens, 2005).

| ZAKLJUČAK

Selen je mikroelement koji ima imunomodulatorna svojstva, a utiče na efekte i urođenog i adaptivnog imuniteta. Tržište nudi različite oblike selena, među kojima, bar što se tiče uticaja na imunski sistem živine, nema bitne razlike. Poslednjih godina se ispituje prednost primene selena u obliku nanočestica, a uticaj na imunski sistem još nije dovoljno proučen.



AFILIJACIJA

Rad je podržan sredstvima Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, (Ugovor broj 451-03-9/2021-14/200143).

INFLUENCE OF SELENIUM ON THE POULTRY IMMUNE SYSTEM

Intensive poultry production brings with it numerous challenges, as it is necessary to produce a good quality and a healthy product in the shortest possible time. In order to maximize the genetic potential of individuals, the use of quality nutrients that will fully meet their basic and production needs is imposed. A special challenge is the way in which poultry is kept during intensive production, which favors the rapid spread of infectious diseases. Due to all the above, poultry feed contains many additives that improve the production characteristics, and also influence a more successful development of immunity after vaccination, as well as the body's defense in the event of infection.

In intensive production, the addition of microelements is one of the key factors necessary for the functioning of the organism, hence in this paper the focus is on their impact on immunity.

LITERATURA

1. **Arshad, M., Siddique, M., Ashraf, M., Khan, H.A., 2005.** Effect of selenium supplementation on antibody titres against infectious bursal disease vaccine broiler chicks. *Pak. Vet. J.* 25, 203–204.
2. **Da Silva, I.C.M., et al., 2010.** The impact of organic and inorganic selenium on the immune system of growing broilers submitted to immune stimulation and heat stress. *Braz. J. Poul. Sci.* 12, 247–254.
3. **Dietert, R.R., et al., 1990.** Impact of combined vitamin-e and selenium deficiency on chicken macrophage function. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 587, 281–282.
4. **Dietert, R.R., Marsh, J.A., Combs, G.F., 1983.** Influence of dietary selenium and vitamin-e on the activity of chicken blood phagocytes. *Poult. Sci.* 62, 1412–1413.
5. **Gordon, S., Martinez-Pomares, L., 2017.** Physiological roles of macrophages. *Pflügers Archiv-Eur. J. Physiol.* 469, 365–374.
6. **Guabiraba, R., Schouler, C., 2015.** Avian colibacillosis: still many black holes. *FEMS Microbiol. Lett.* 362.



7. **Howard, M.T., Carlson, B.A., Anderson, C.B., Hatfield, D.L., 2013.** Translational redefinition of UGA codons is regulated by selenium availability. *J. Biol. Chem.* 288, 19401–19413.
8. **Hu, H.J., Wang, M., Zhan, X.A., Li, X., Zhao, R.Q., 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.
9. **Huang, Z., Rose, A.H., Hoffmann, P.R., 2012.** The role of selenium in inflammation and immunity: from molecular mechanisms to therapeutic opportunities. *Antioxid. Redox Signal.* 16, 705–743.
10. **Larsen, C.T., Pierson, F.W., Gross, W.B., 1997.** Effect of dietary selenium on the response of stressed and unstressed chickens to *Escherichia coli* challenge and antigen. *Biol. Trace Elem. Res.* 58, 169–176.
11. **Lee, S.H., et al., 2014b.** Immune and anti-oxidant effects of in ovo selenium proteinate on post-hatch experimental avian necrotic enteritis. *Vet. Parasitol.* 206, 115–122.
12. **Lee, S.H., et al., 2014a.** Effects of in ovo injection with selenium on immune and antioxidant responses during experimental necrotic enteritis in broiler chickens. *Poult. Sci.* 93, 1113–1121.
13. **Levkut, M., et al., 2009.** Leukocytic responses of broilers following dietary contamination with deoxynivalenol and/or treatment by dietary selenium supplementation. *Br. Poult. Sci.* 50, 181–187.
14. **Liu, Z., Qu, Y., Wang, J., Wu, R., 2016.** Selenium deficiency attenuates chicken duodenal mucosal immunity via activation of the NF-kappa b signaling pathway. *Biol. Trace Elem. Res.* 172, 465–473.
15. **Mahmoud, K.Z., Edens, F.W., 2005.** Influence of organic selenium on hsp70 response of heat-stressed and enteropathogenic *Escherichia coli*-challenged broiler chickens (*Gallus gallus*). *Comp. Biochem. Physiol. C-Toxicol. Pharmacol.* 141, 69–75.
16. **Markley, R.L., et al., 2017.** Macrophage selenoproteins restrict intracellular replication of *Francisella tularensis*. *J. Immunol.* 198.
17. **McKenzie, R.C., Rafferty, T.S., Beckett, G.J., 1998.** Selenium: an essential element for immune function. *Immunol. Today* 19, 342–345.
18. **Moser, M., Leo, O., 2010.** Key concepts in immunology. *Vaccine* 28, C2–C13.
19. **Nutrient Requirements of Poultry:** Ninth Revised Edition, 1994, Subcommittee on Poultry Nutrition, National Research Council
20. **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, 775–806.
21. **Pardechi, A., Tabeidian, S.A., Habibian, M., 2020.** Comparative assessment of sodium selenite, selenised yeast and nanosized elemental selenium on performance response, immunity and antioxidative function of broiler chicken. *Italian Journal of Animal Science*, 19:1, 1108–1121.
22. **Peng, X., Cui, H.M., Deng, J.L., Zuo, Z.C., Cui, W., 2011.** Low dietary selenium induce increased apoptotic thymic cells and alter peripheral blood T cell subsets in chicken. *Biol. Trace Elem. Res.* 142, 167–173.



23. **Rao, S.V.R., et al., 2013.** Effect of supplementing organic selenium on performance, carcass traits, oxidative parameters and immune responses in commercial broiler chickens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 26, 247–252.
24. **Roman, M., Jitaru, P., Barbante, C., 2014.** Selenium biochemistry and its role for human health. *Metallomics* 6, 25–54.
25. **Seyedali, A., Berry, M.J., 2014.** Nonsense-mediated decay factors are involved in the regulation of selenoprotein mRNA levels during selenium deficiency. *RNA Publ. RNA Soc.* 20, 1248–1256.
26. **Shekaro, A., Oladele, S.B., Abdu, P.A., Ibrahim, N.D.G., 2012.** Effect of selenium on the susceptibility of vaccinated cockerels against infectious bursal disease. *J. Vet. Adv.* 2, 573–578c.
27. **Vladimirov, Y.A., Proskurnina, E.V., 2009.** Free radicals and cell chemiluminescence. *Biochem. Moscow* 74, 1545–1566.
28. **Vunta, H., et al., 2008.** Selenium attenuates pro-inflammatory gene expression in macrophages. *Mol. Nutr. Food Res.* 52, 1316–1323.
29. **Wunderlich, F., Al-Quraishy, S., Steinbrenner, H., Sies, H., Dkhil, M.A., 2014.** Towards identifying novel anti-Eimeria agents: trace elements, vitamins, and plant-based natural products. *Parasitol. Res.* 113, 3547–3556.
30. **Xu, S.Z., Lee, S.H., Lillehoj, H.S., Hong, Y.H., Bravo, D., 2015.** Effects of dietary selenium on host response to necrotic enteritis in young broilers. *Res. Vet. Sci.* 98, 66–73.

