

Obogaćivanje janječeg mesa selenom

Antunović, Zvonko; Novoselec, Josip; Klir Šalavardić, Željka

Source / Izvornik: **Krmiva : Časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme, 2022, 62, 85 - 96**

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

<https://doi.org/10.33128/k.62.2.3>

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:372126>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-05**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SAŽETAK

Selen je važan mikroelement u prehrani ljudi i hranidbi životinja. Cilj ovoga rada je prikazati metode/postupke koji se poduzimaju u procesu obogaćivanja janječeg mesa selenom. Različitim hranidbenim modifikacijama moguće je značajno promijeniti (prije svega poboljšati) sadržaj minerala u janjećem mesu pa tako i selena. Unos selena u janjadi varira zbog promjene elementarnog sastava biljnih vrsta tijekom sezone, te koncentracije u krmnoj smjesi. Hranidbeni čimbenici imaju značajan utjecaj na sadržaj selena u janjećem mesu. Selen organskog podrijetla, osobito podrijetlom od biofortificiranih krmiva pokazuje bolju dostupnost u odnosu na anorganski izvor a korišteni su za poboljšanje zdravlja i proizvodnosti te mogu biti put u procesu obogaćivanja janječeg mesa selenom prirodnim putem. Analizom dosadašnjih dostupnih istraživanja vidljiv je značajan utjecaj dodatka selena (organski oblici) ili korištenih biofortificiranih krmiva selenom u hrani janjadi na njegov sadržaj u janjećem mesu te je to put koji treba koristiti u procesu obogaćivanja janječeg mesa selenom.

Ključne riječi: obogaćivanje, janjeće meso, selen, anorganski i organski izvor selena, biofortifikacija

UVOD

Sve veći zahtjevi u prehrani ljudi uključuju i pojačane obveze poljoprivredno-prehrambenog sektora koji treba osigurati dovoljne količine svih potrebnih hranjivih tvari za zadovoljavanje njihovih nutritivnih potreba. Stoga se sve više koriste različiti „obogaćeni proizvodi“ koji se nazivaju i funkcionalni proizvodi, a značajan dio njih su i oni animalnog podrijetla. Često se u literaturi za takve proizvode koristi i naziv „zdrava hrana“ (healthy food). Takvi proizvodi imaju pojačan udio određenih esencijalnih mikronutrijenata, najčešće onih esencijalnih, bilo da su to bjelančevine, minerali, vitamini i dr. Zadovoljavanje potreba u mineralima u prehrani ljudi, kao i u hranidbi životinja osobiti je izazov za nutricioniste, agronome, veterinare i dr. znanstvene djelatnike. Uz poticaje usmjerene u razvoj domaćeg

ovčarstva i proizvodnju janjadi za klanje, osmišljavanje i proizvodnja funkcionalnih proizvoda je imperativ i mora se graditi kroz lanac hrana-meso-čovjek. Naprednim tehnologijama uz razdoblje skraćivanja tova, poboljšanja proizvodnosti ali i nekorištenja stimulatora rasta (antibiotici, anabolici, ljekoviti i kemijski stimulatori i dr.) glavne su smjernice kako ići u korak s vremenom (Bo Trabi i sur., 2020.). Uz to, poticanje proizvodnje ekoloških ovčjih proizvoda visoke biološke vrijednosti i velika potražnja za takvima glavni su prioriteti usmjereni u njihovu proizvodnju i registraciju. Sve navedeno jako je vezano za količinski dostatan te kvalitetan izbor hrane za ovce. Problem nedostatka određenih minerala u tlu i hrani životinja, a prije svega selena zastupljen je i u Republici Hrvatskoj (Antunović i sur., 2021.).

Do sada su poznati uspješni tehnološki postupci koji su primijenjeni u procesu obogaćivanja mesa svinja i peradi organskim oblicima selena (Fisinin i sur., 2009.), a vrlo rijetko i mesa janjadi (Giro i sur., 2021.). Stoga se obogaćivanje mesa janjadi selenom nameće kao imperativ u procesu zadovoljavanja ne samo hranidbenih potreba same janjadi nego i humane populacije. Navedeno je usmjereno u reguliranje potrebnih koncentracija selena u mesu janjadi uz izbjegavanje nedostatnih i prekomjernih koncentracija selena te zadržavanje tehnološke kvalitete ali i uključivanje u programe sigurnosti hrane. Naime, educirani konzumenti, prije svega animalnih proizvoda, sve više traže tzv. „prirodne proizvode“. Također se ovi postupcima uklapaju u proces poticanja specijalizirane prehrane ljudi u pravcu osmišljavanja i provođenja personalizirane prehrane i brige o zdravlju humane populacije.

Cilj ovoga rada je prikazati metode/postupke koji se poduzimaju u procesu obogaćivanja janjećeg mesa selenom.

Važnost i potrebe za selenom u hranidbi životinja i ljudi

Selen je esencijalan element u tragovima prisutan u brojnim enzimima i seleno-proteinima. Potreban je za normalan rast te zdravlje ljudi i životinja (Bierla i sur., 2008.). Važan je u mnogim fiziološkim funkcijama, uključujući imunološki odgovor i sposobnost borbe protiv bolesti. U nekim dijelovima svijeta postoje područja ili tla koja su jako bogata ili siromašna elementima u tragovima pa tako i selenom. Neka tla često imaju manjak selena, pa su krmiva koja se uzgajaju na takvim tlima također deficitarna selenom. Poremećaji i bolesti koji su povezani s nedostatkom selena uzrokuju značajne ekonomske gubitke (Antunović i sur., 2008. a i b). Mala je razlika između nedostatne i toksične koncentracije selena stoga je o tome potrebno voditi posebnu pozornost. Preporučeni je dodatak prehrani selena u dobi od 14 godina i odraslih ljudi 55 mikrograma (Monsen, 2000.). Međutim, unos selena je u humanoj populaciji u brojnim europskim zemljama značajno manji te iznosi u prosjeku oko 30 μg /dan (Kieliszek i Blazejak, 2013.).

Nedostatak selena u ljudi dovodi do slabljenja imuniteta, srčanih bolesti i hipotireoza, a niska koncentracija je povezana i s pojačanom incidencijom depresije, narušavanja raspoloženja - tjeskoba, zbunjenost, neprijateljstvo i dr. (Combs, 2000.;

Díaz-Alarcón i sur., 1996.). Općenito se može reći da su potrebe za selenom u životinja oko 0,1 do 0,3 mg/kg hrane, iako su brojna istraživanja pokazala da udio selena u hrani životinja može biti znatno viši (0,4-0,5 mg Se/kg hrane; Lin and Shiau, 2007.). U životinja nedostatak selena kroz duže vremensko razdoblje može imati značajan utjecaj na smanjenu plodnost, zadržavanje placente, inhibiciju rasta i produktivnosti, incidenciju mastitisa, kao i bolesti bijelih mišića, s kliničkim znakovima koji uključuju lezije skeletnog i/ili srčanog mišića (Malagoli i sur., 2015.; Mehdi i Dufrasne, 2016.). U područjima gdje je koncentracija selena u zelenoj masi s pašnjaka i krmi ispod 0,05 mg/kg/ST moguća je pojava bolesti uzrokovanih zbog njegovog nedostatka (Whelan i sur., 1994.). Sadržaj selena u različitim krmivima također je varijabilan. Leguminoze najčešće sadrže manje selena od trava, ali razlika se smanjuje kako se smanjuje sadržaj selena u tlu (Minson, 1990.). Žitarice također uvelike variraju u sadržaju selena između različitih tipova tla. Pšenica može imati više selena od ječma i zobi (Underwood i Suttle, 2001.).

Istraživanja provedena u Republici Hrvatskoj, osobito u sjevernim, sjeveroistočnim i istočnim područjima, ukazuju na nestašicu selena u tlima, a time i u organizmu životinja koje se hrane krmivima proizvedenim na tim tlima (Gavrilović, 1982.; Antunović i sur., 2010.). Tako su rezultati istraživanja Antunović i sur. (2010.) provedenih u okviru međunarodnog znanstvenog projekta "Selenium, heavy metals and radionuclides in soil-plant-animals continuum" (Tablica 1.) u istočnoj Hrvatskoj pokazali gore navedene tvrdnje.

U svijetu postoje i područja gdje tla sadrže visoke koncentracije selena stoga korištenje usjeva uzgajanih na takvim tlima u obrocima životinja može dovesti do njihovog trovanja. Budući da je selen otrovan pri visokim koncentracijama utvrđena gornja granica unosa je do 400 μg dnevno za odrasle ljude. Dugotrajna toksičnost Se uzrokuje selenozu kod ljudi, koja se očituje pojačanom lomljivošću noktiju, narušenom funkcijom živčanog sustava, gastrointestinalnim komplikacijama, gubitkom kose, iritacijom, kožnim osipom, zadahom iz usta i dr. (Al-Ahmary, 2009.). Otrovanja selenom su zabilježena kod svih domaćih životinja, a toksične koncentracije selena u hrani za ovce su 10 mg/kg, goveda 8 mg/kg, svinje 5-8 mg/kg, a za perad 15 mg/kg (Aladrović i sur., 2021.). Postoji akutno, subakutno i kronično

trovanje selenom kod domaćih životinja. Otrovanja selenom nastaju ingestijom usjeva koji nakupljaju selen iz tla bogatog njime, zbog pogrešaka u hranidbi prilikom prekomjernog dodavanja različitih

dodataka selena u obroke životinja, kao i hranom i vodom koja potječe iz kontaminiranog područja (Aladrović i sur., 2021.).

Tablica 1. Koncentracija selena u tlu, biljnom materijalu te krvi i vuni ovaca (Antunović i sur., 2010.).

Table 1 Selenium concentrations in soil, plants, blood and wool of sheep (Antunović et al., 2010)

Lokacija - Location	Vrsta uzorka (mg/kg) - Type of sample			
	Tlo - Soil	Biljke - Plants	Krv* - Blood	Vuna - Wool
Vinkovci	0,98	0,13	0,042	0,006
Baranja	0,71	0,03	0,036	0
Valpovo	0,18	0,032	0,075	0,059
Đakovo	0,14	0,057	0,071	0,008
Slatina	0,10	0,0063	0,035	0,0034
Donji Miholjac	0,065	0,007	0,037	0,0036
Kritična razina deficijencije - Critical level of deficit	0,50	0,05	0,03	0,03

*mg/l

Sadržaj selena u mesu domaćih životinja

Status selena u organizmu životinja najčešće se provjerava utvrđivanjem ukupne koncentracije selena te enzima glutation-peroksidaze (GPx) u krvi i mesu (Antunović i sur. 2013.).

Koncentracije selena u mesu podrijetlom od različitih vrsta domaćih životinja (goveda, svinja, janjadi, peradi i ždrebadi) utvrđene u istraživanju Gerbera i sur. (2008.) bile su ispod dozvoljenih gornjih granica (Tablica 2.).

Selen iz mesa (goveđe meso, janjeće meso i svinjsko meso) je visoko dostupan (Finley i sur., 2004.; Shi & Spallholz, 1994.). Međutim, potrebno je naglasiti da konzumaciju mesa obogaćenog selenom treba nadopuniti i drugim izvorima selena s obzirom da je maksimalna sigurna razina selena koju dnevno čovjek može unijeti u organizam kroz prehranu 400 $\mu\text{g}/\text{dan}$ (Almani i sur., 2020.). Ako bi čovjek samo na takav način unosio selen putem obroka tada bi dnevno morao konzumirati više od 1 kg mesa kroz duže vremensko razdoblje, što je gotovo nemoguće.

Tablica 2. Koncentracija selena ($\mu\text{g}/100\text{ g}$) u različitim vrstama mesa domaćih životinja (Gerber i sur., 2008.)

Table 2 Concentration of selenium ($\mu\text{g}/100\text{ g}$) in different types of meat of domestic animals (Gerber et al., 2008)

Vrsta mesa – Type of meat		n	Srednja vrijednost - Mean value
Meso ždrebadi – Foal meat	Pečenica	3	35
	File	3	28
Janjeće meso – Lamb meat	Kotlet	5	11
	Otkošteni kotlet	10	11
Pileće meso – Chicken meat	Prsa s kožom	3	12
	Prsa bez kože	5	19
	Batak s kožom	5	28
Goveđe meso – Beef meat	Pečenica (Švicarska)	10	9
	Pečenica (Amerika)	3	30
	Kotlet Švicarska)	9	11
	Kotlet (Amerika)	3	44
	Dinstani odrezak	10	10
Svinjsko meso – Pork meat	Odrezak od vrata	9	16
	Kotlet	11	17
	Otkošteni kotlet	11	16

Metode/postupci za obogaćivanje janječeg mesa selenom u procesu hranidbe janjadi

Koncentracija selena u krmi ovisi o interakciji nekoliko čimbenika uključujući tlo, vodu, biljke, stadij vegetacije, prinos, klimu i upravljanje ispašom. Najčešći manjak minerala u preživača povezan je sa specifičnim područjima i direktno je povezan sa svojstvima tla. Veliki broj životinja u mnogim dijelovima svijeta koristi hranu koja ne zadovoljava njihove potrebe te nastaju nutritivni poremećaji. Dodavanje selena u uzgoju domaćih životinja, pa tako i ovaca i janjadi provodi se različitim metodama/postupcima. Prije svega se to obavlja kvalitetnijim balansiranjem obroka, dodavanjem u hranu kao suplemente/dodatke selena (premixi), zatim injekcionim aplikacijama, te putem slabo otpuštajućih bolusa (Antunović i sur., 2021.). Također se povećanje njegove koncentracije i iskoristivosti u hranidbi životinja može dobiti gnojidbom tala gdje se uzgajaju krmni usjevi ili njihovom folijarnom prihranom što se naziva agrofertifikacija, a dobiveni urodi/proizvodi su biofortificirani (Novoselec i sur., 2018.). Navedeno doprinosi povećanju koncentracije selena i poboljšanju njegove bioraspoloživosti u krmivima koja se koriste u hranidbi domaćih životinja. Isto tako, selen se može izravno dodavati u proizvod, ali tu još nema dovoljno iskustva u provođenju. Genetska fortifikacija se provodi s usjevima koji imaju povećanu sposobnost usvajanja i nakupljanja određenih mikroelemenata (selena) u jestivim dijelovima.

Pogodnost hrane i dodataka hrani kao izvora minerala ovisi, ne samo o ukupnom sadržaju ili koncentraciji selena nego i o njegovoj apsorpciji i o mogućem iskorištavanju za životinjske stanice i tkiva. To može ovisiti i o vrsti i dobi životinja, prilagodbi same životinje, a pod utjecajem je kemijskog oblika u kojem je selen unesen u organizam, količine i oblika drugih komponenti obroka s kojima on stupa u interakciju, unosa minerala u odnosu na potrebe i slično (Mc Dowell, 2003.). Uzrok promjene može biti povećanje pH tla, promjena botaničkog sastava biljnih zajednica te manji unos minerala gnojivima (Govasmark i sur., 2005.).

Postoji preko 70 poznatih međudjelovanja minerala. Dodavanjem jednog minerala u hranu utjecati će se na apsorpciju ili iskorištenje drugih minerala. Životinje u cilju prilagodbe na smanjen unos minerala hranom smanjuju njihovo izlučivanje putem izmeta ili mokraće ali se povećava i njihova

apsorpcija. Prilagodba se može dogoditi usporedno sa smanjenjem proizvodnje. Granična razina nedostatka minerala dovodi do smanjenja unosa hrane i proizvodnje. Primjerice, nedostatan unos i slaba resorpcija selena iz probavnog sustava mogu biti zbog povećanog sadržaja ugljikohidrata, nitrata, sulfata, kalcija i bakra u obrocima (Abd El Ghany i Tortora- Perez, 2010.).

Zadnjih godina sve se više pojavljuju istraživanja vezana za primjenu biofortificiranih krmiva u hranidbi domaćih životinja, pa i ona biofortificirana sa selenom, iako u hranidbi janjadi vrlo rijetko (Antunović i sur., 2020.), u cilju poboljšanja njihove proizvodnosti i zdravlja te samoga obogaćivanja njihovih proizvoda esencijalnim nutrijentima (selenom).

Hranidba ovaca i janjadi obrocima usmjerenim obogaćivanju mesa selenom

U suvremenom stočarstvu potiče se visoka proizvodnja i životinje su pod velikim opterećenjem. Zbog toga je pravilna hranidba životinja neophodna. Hranidbeni čimbenici imaju značajan utjecaj na biokemijske, strukturne i metaboličke karakteristike mišića te na hranjive vrijednosti, organoleptička svojstva i prihvatljivost janječeg mesa. Optimalna koncentracija selena u obrocima životinja vrlo je važna, ali ju je teško postići, jer količina selena u krmnim smjesama i travama ovisi o brojnim čimbenicima. Među mnogobrojnim poremećajima i bolestima koje uzrokuje nedostatak selena te različitim pristupima rješavanju tih problema, smatra se da je optimizacija njegove koncentracije u hrani najvažnija.

Dodatak i učinak različitih izvora i koncentracija selena u obrocima janjadi

Zbog nedostatnih koncentracija selena u krmivima, obroke je životinja potrebno obogatiti nekim od dodataka selena. Dva najčešća oblika u kojima se selen daje kao anorganski dodatak u obrocima su natrijev selenit i natrijev selenat, a od organskih oblika najvažniji je selenizirani kvasac u kojem je selenometionin dominantna aminokiselina (Antunović i sur., 2008.a i b). Selen nije esencijalan element za rast biljaka ali njegova koncentracija i pristupačnost u njima ovisi o sadržaju u tlu (Ellis i Salt, 2003.). Tako i u životinja koje se napasaju na pašnjacima siromašnim sa selenom može doći do deficita ovoga elementa. Stoga je uobičajeno u komercijalnoj sto-

čarskoj proizvodnji još uvijek koristiti dodatak selena u obroke životinja najčešće u obliku anorganskih formi (natrijevog selenita) čime se podiže sadržaj selena i u mesu (Combs, 2001.).

Organski oblik selena (Sel-Plex - selenizirani kvasac) je zadnjih godina sve više u upotrebi zbog svoje bolje bioraspodivnosti (Antunović i sur., 2008. a i b). Anorganski izvori selena se u ljudskome tijelu lošije apsorbiraju (svega oko 40 %) za razliku od organskih formi selena (selen metionin i selen cistein) koji se apsorbiraju oko 90 % (Thomson, 2004.). Poznato je da je resorpcija selena nešto bolja u monogastričnih životinja (45-95 %) za razliku od poligastričnih životinja (29-50 %; Aladrović i sur., 2021.).

Dodatak selena povećava aktivnost enzima koji sadrže selen kao što su glutation-peroksidaza, tioredoksin-reduktaza i jodtironin-dejodinaza. Selen također sudjeluje i u izgradnji enzima koji su važni u zaštiti kod oksidativnog stresa a brojna su istraživanja pokazala da različiti selenoproteini imaju i antikancerogeni učinak (Rayman, 2000.). Selenometionin se ugrađuje u tjelesne bjelančevine, čime se opskrbljuje tijelo selenom (Tóth i Csapó, 2018.) te reverzibilno otpušta tijekom pojačanih metaboličkih napora ili smanjenog unosa u organizam (Schrauzer, 2000.). Važni su i selenoprotein P koji sudjeluju u obrani organizma od slobodnih radikala te u skladištenje i transport selena u organizmu (Rayman, 2000.), te selenoprotein W koji sprječava preveliku oksidaciju i sudjeluje u metabolizmu mišića (Holben i Smith, 1999.). Važnost oksidativnog stresa je osobito naglašena jer nakon klanja dolazi do oksidacije lipida u mesu, ali negativno utječe i na ugljikohidrate, pigmente, bjelančevine i vitamine što narušava okus, miris, boju, tehnološke pokazatelje i nutritivnu vrijednost mesa i proizvoda od mesa (Benzie, 1996.) te time ograničava njegovu prihvatljivost od strane konzumenta/potrošača (Gray i sur., 1996.).

Kako raste potreba za kvalitetnom hranom najčešće se tada konzumenti/potrošači usmjeravaju u izbor kvalitetne i prirodne hrane. Većina naših animalnih proizvoda sadrži manje količine selena. Meso i proizvodi od njega imaju važnu ulogu u ispunjavanju prehrambenih potreba za proteinima i osiguravaju esencijalne minerale i vitamine. Koncentracija selena u svježem mesu i mesnim proizvodima ovisi o brojnim čimbenicima. Prije svega su to količina konzumirane hrane i kompozicija obroka, te genetske karakteristike organizma i uvjeti okoliša

(Demirezen i Uruç, 2006.). Stoga je potrebno razviti funkcionalne proizvode kako bi se povećao unos selena humane populacije. Proizvodnja hrane s povećanom razinom selena relativno je komplicirana. Već su poznati načini i registrirani su animalni proizvodi obogaćeni selenom putem obroka i to meso svinja i peradi te jaja (Fisinin i sur., 2009.). Međutim, značajno je manje istraživanja u smjeru obogaćivanja proizvoda preživača, osim njih nekoliko o kravljem mlijeku i junećem mesu (Tóth i Csapó, 2018.), dok takvih registriranih proizvoda nema u ovčarskoj proizvodnji. Stoga bi to mogla biti nova „niša“ u području obogaćivanja janječeg mesa selenom što će biti od većeg znanstvenog i praktičnog interesa.

Na tržištu postoje i dodaci prehrani s inkapsuliranim selenom.

Međutim, u proizvodu obogaćenom selenom on se javlja velikim dijelom u svom prirodnom obliku kada se biljka ili životinja opskrbljuje sa selenom prirodnim putem (gnojidba/hranidba) ali je važno i pratiti u kojem obliku je selen najzastupljeniji u takvim proizvodima.

Analizirajući različite vrste mesa domaćih životinja u Pakistanu Almani i sur. (2020.) su utvrdili da je prosječna koncentracija selena bila najveća u ovčjem mesu (120 $\mu\text{g}/\text{kg}$), zatim u goveđem (91 $\mu\text{g}/\text{kg}$) pa u pilećem mesu (90 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Također, su utvrđene značajno veće koncentracije selena za razliku od onih u Grčkoj i Francuskoj, a slične s onima na Novom Zelandu. Osim toga, ovčje mljeveno meso sadrži više selena od prerađene ovčetine, a to se može pripisati dobro poznatoj nestabilnosti i hlapljivost mnogih spojeva selena. Analizirajući sadržaj selena u različitim tkivima janjadi Bierla i sur. (2008.) su utvrdili da je najmanje selena bilo u mišićima (MLD: od 0,42-0,81 $\mu\text{g Se}/\text{g}$; VZM od 0,43 do 0,91 $\mu\text{g}/\text{g}$), a najviše u bubregu (5,9-6,5 $\mu\text{g Se}/\text{g}$). Srce i jetrena tkiva sadržavala su selen na razini 1,2-2,3 $\mu\text{g}/\text{g}$. Uzorci tkiva janjadi nakon 96-dnevne suplementacije janjadi Selplexom (0,2-0,4 mg/kg hrane) pokazali su jasno povećanje koncentracije selena, osobito u mišićima (20 do 30 puta). Povećanja koncentracija selena u srcu je deseterostruko, a u bubregu peterostruko. Što se tiče uzoraka iz studije o učinku doze, utvrđeno je značajno povećanje koncentracije selena (50-100 %) u mišićima i jetri te je primijećeno manje povećanje (oko 20 %) u srcu i bubregu (Tablica 3.).

Tablica 3. Sadržaj selena u janječim tkivima i organima ovisno o dodatku i izvoru selena u hrani (Bierla i sur., 2008.)**Table 3 Selenium content in lamb tissues and organs on the addition and source in food (Bierla et al., 2008.).**

Tkivo – Tissue	Sadržaj selena u hrani, mg/kg – Selenium content in food	Ukupan sadržaj selena, $\mu\text{g Se/g}$ – Total selenium content
Srce - Heart	Bez dodatka selena	1,20
	0,2	1,29
	0,3	1,34
	0,4	1,60
	Selenit	1,47
Jetra - Liver	Bez dodatka selena	1,20
	0,2	1,60
	0,3	1,90
	0,4	2,30
	Selenit	1,50
Bubreg - Kidney	Bez dodatka selena	5,90
	0,2	6,0
	0,3	6,8
	0,4	6,9
	Selenit	6,5
<i>Psoas major</i> (veliki slabinski mišić - VSM)	Bez dodatka selena	0,43
	0,2	0,63
	0,3	0,77
	0,4	0,91
	Selenit	0,50
<i>Musculus longissimus dorsi</i> - MLD (dugi leđni mišić)	Bez dodatka selena	0,42
	0,2	0,48
	0,3	0,70
	0,4	0,81
	Selenit	0,50

Vignola i sur. (2008.) su dodatkom selena u hranu janjadi utvrdili značajno povećanje koncentracija selena u mišićnom tkivu u odnosu na kontrolnu grupu bez dodatka (Tablica 4.). Sadržaj selena bio je značajno poboljšán kako se povećavala razina selena u hrani ($P < 0,01$). Organski izvor selena (Se-kvasac) je bio značajno učinkovitiji od anorganskog (natrij selenit) te je u MLD-u

utvrđena značajno veća koncentracija selena pri hranidbi organskim za razliku od anorganskog izvora selena. Povećanje razine organskog selena (0,30 i 0,45 mg/kg) rezultiralo je povećanjem njegovoga ukupnog sadržaja u MLD-u. Dodaci Se-kvasaca povećavali su sadržaj Se-metionina u mesu s najvišim postotkom (126 % i 158 %) za 0,3 mg/kg i 0,45 mg/kg dodatka.

Tablica 4. Koncentracija ukupnog selena, ukupnih selen aminokiselina i kvantifikacije Se-metionina i Se-cisteina u MLD-u te promjene sadržaja selena janjadi koja je konzumirala obroke s različitim razinama i izvorima dodanog selena ($\mu\text{g/g}$ svježe mase; Vignola i sur., 2008.)**Table 4 Concentration of total selenium, total selenium amino acids and quantifications of Se-methionine and Se-cystine in MLD and changes in selenium content of lambs consumed meals with different levels and sources of added selenium ($\mu\text{g/g}$ fresh weight; Vignola et al., 2008)**

Pokazatelj - Indicator	Kontrola-k Control	Anorganski selen-as (0,30 mg/kg) - Inorganic selenium	Organski selen-os1 (0,30 mg/kg) - Organic selenium1	Organski selen-os2 (0,45 mg/kg) - Organic selenium2	Promjena, % Change		
					k:as	k:os1	k:os2
Ukupan selen - Total selenium	0,35 ^D	0,43 ^C	0,66 ^B	0,84 ^A	+19	+47	+83
Ukupne Se amino-kiseline - Total Se amino acids	0,36	0,36	0,67	0,78	-	+86	+117
Se-metionin - Se-methionine	0,19	0,18	0,43	0,49	-5	+126	+158
Se-cistein - Se-cystine	0,17	0,18	0,24	0,29	+6	+41	+71

A,B,C,D P<0,05

Tablica 5. Koncentracija selena ($\mu\text{g/kg}$) u tkivima janjadi hranjenoj krmnim smjesama s dodatkom različitih izvora selena (Antunović i sur., 2009.)**Table 5 Selenium concentration ($\mu\text{g/kg}$) in tissues of lambs fed compound feeds with the addition of different sources of selenium (Antunović et al., 2009)**

Tkivo - Tissue	Kontrola - Control	Anorganski selen-as - Inorganic selenium	Organski selen-os - Organic selenium	Promjena, % Change	
				k-as	k-os
Mišić* - Muscle	110.4 ^a	125.1 ^{ab}	184.3 ^b	11,8	40,0
Jetra - Liver	250.2 ^A	587.9 ^{B,a}	737.3 ^{B,b}	57,5	66,1
Bubreg - Kidney	1235.9	1354.3	1407.7	8,75	12,2

*MLD *Musculus longissimus dorsi* (dugi ledni mišić); a,b: P<0,05; A,B: P<0,01

Steen i sur. (2008.) su pri hranidbi ovaca obrocima s dodatkom organskog selena (20 mg/kg seleniziranog kvasca) u usporedbi s anorganskim izvorom (natrij selenit) u zadnja dva mjeseca gravidnosti te pri istoj shemi hranidbe provedenoj s janjadi utvrdili da je organski selen značajno utjecao na povećanje koncentracija selena u mesu (0,12 mg/kg) u odnosu na janjad koja je dobila anorganski selen (srednja vrijednost 0,08 mg/kg).

U istraživanju Antunovića i sur. (2009.) provedenom s janjadi hranjenom obrocima s različitim izvorima selena (0,03 %) utvrđeno je da je dodatak selena bez obzira na oblik selena značajno povećao njegovu koncentraciju u mesu i organima janjadi,

a da je organski oblik selena (Sel-Plex) u usporedbi s anorganskim (natrij selenit) značajno povećao njegovu koncentraciju u mišićima i jetri janjadi u tovu (Tablica 5.).

Biofortificirana krmiva sa selenom

Biofortifikacija s mineralima je postupak/metoda koji se provodi s ciljem primjene mineralnih gnojiva na željene usjeve/krmiva. Moguće ju je kombinirati i s uzgojem sorata/genotipa s povećanom sposobnošću usvajanja mikroelemenata u cilju povećanja koncentracija mikroelemenata u jestivim usjevima i poboljšanja prinosa na tlima nedostatnim/nedostupnim mikroelementima (Borg i sur., 2009.). U cilju

povećanja koncentracije mikroelemenata u jestivim tkivima usjeva, a bez gubitka prinosa, mora biti povećana apsorpcija dostupnih mikroelemenata iz tla putem korijena ili lišća folijarno. Agronomskom biofortifikacijom povećava se koncentracija mikroelemenata u jestivim tkivima biljaka. Temelji se na primjeni mineralnih gnojiva i/ili poboljšanja topivosti i mobilizacije već prisutnih mikroelemenata u tlu. Ciljana primjena topivih anorganskih gnojiva, najčešće preko korijena ili putem lišća provodi se pri uzgoju biljaka na tlima siromašnim ili nedostupnim mikroelementima. Folijarna aplikacija (preko lišća) topivim anorganskim oblicima mikroelemenata koristi se ako je sadržaj mikroelemenata nepovoljan ili ako se oni ograničeno raspodjeljuju u jestivim tkivima usjeva (Antunović i sur., 2021.).

Hranidbom ovaca i janjadi biofortificiranim krmivima obogaćenim selenom nastoji se povećati koncentracija selena u krvi istih te poboljšati njihov rast, razvoj, reprodukciju i zdravlje i na kraju povećati sadržaj selena u proizvodima. Povećanje koncentracija mikroelemenata u tkivima i mlijeku domaćih životinja ima za cilj zadovoljiti njihove potrebe u ljudi. Rawat i sur. (2013.) iznose da oko 20-30 % ljudske populacije pati od nedostatka joda i selena. Potrebe za mikroelementima, pa tako i selenom, humana populacija u najvećoj mjeri osigurava konzumacijom raznovrsne hrane biljnog i životinjskog podrijetla. Treba istaknuti da je koncentracija mikroelemenata često nedostatna u tlu, krmnim kulturama, životinjama i njihovim proizvodima što se odražava i na njegov deficit u prehrani ljudi. Važan ograničavajući čimbenik u ovim načinima uklanjanja nedostatka određenog mikroelementa je njihova ograničena stabilnost u završnim proizvodima (Allen 2003.). Rawat i sur. (2013.) ističu da je fortifikacija dosta skupa, zahtijeva dobro razvijen sustav distribucije te vrlo preciznu i pažljivu primjenu, odnosno doziranje mikroelemenata jer prevelike količine mogu biti vrlo štetne. Koncentracija selena u tkivima biljaka može se povećati gnojidbom tala ili folijarno preko lišća gnojivima selena što ima pozitivan utjecaj na zdravlje životinja i ljudi (Novoselec i sur., 2018.).

Prva sveobuhvatnija istraživanja s postignutim značajnim pozitivnim učincima pri korištenju gnojidbe tala gnojivima se zabilježena su u Finskoj i na Novom Zelandu osamdesetih godina prošloga stoljeća. Od 1985. godine započela su istraživanja

u Finskoj s primjenom gnojiva selena što je dovelo do povećanja koncentracija selena u jarih žitarica za 15 puta, a njihovom konzumacijom u goveđem i svinjskom mesu za 6 i 2 puta, te u mlijeku za 3 puta (Alfthan i sur., 2015).

Primjenom natrij selenata i kalij selenata osigurava se odgovarajući sadržaj selena koji je odmah na raspolaganju usjevima/biljkama, dok se primjenom selenita ili slabije topivog oblika selenata (barij selenat) osigurava učinak kroz dulje vrijeme (Broadley i sur., 2006.). Gnojidba tla gnojivima selena najčešće se primjenjuje u kasno sezonskih usjeva koji su podložni vlazi ili toplinskom stresu, ali razvijena je i primjena preko lišća.

Zaključna razmatranja brojnih istraživanja provedenih s gnojidbom gnojivima sa selenom na usjevima ukazuju da je učinkovitija folijarna primjena te da je selenat učinkovitiji oblik selena u odnosu na selenit (Galić i sur., 2021.). Razlog navedenog je što se izbjegavaju vrlo kompleksne reakcije koje se odvijaju u tlu uzrokujući značajne razlike pri usvajanju dodanih mikroelemenata (selena) s obzirom na različite okolišne uvjete i uvjete u tlu. Pri biofortifikaciji sa selenom biljke pretvaraju anorganski selen u organski (najčešće u selenometionin) kroz ugradnju u svoje bjelančevine (Gibson i sur., 2006.). Najveće se koncentracije selenometionina nalaze u korijenu i zrnu biljke, dok su manje koncentracije zabilježene u listovima biljke (Schrauzer, 2003.).

U istraživanju Cloette i sur. (1999.), provedenom u Južnoj Africi, korišteno je komercijalno gnojivo, koje se sastojalo od slabo topive jezgre barijevog selenata s ovojnicom od visoko topivog natrijevog selenita, za gnojidbu pašnjaka gdje su napasane ovce. Gnojivo je dodano u količini 1 kg/ha kroz tri tretmana. Utvrđeno je povećanje sadržaja selena u punoj krvi, jetri i bubrezima ovaca i janjadi najmanje 5 mjeseci nakon primjene gnojiva, dok je u kontrolne janjadi utvrđen nedostatak selena.

U istraživanju Antunovića i sur. (2020.), provedenom u istočnoj Slavoniji, s janjadi u tovu hranjene obrocima s dodatkom biofortificiranog kukuruza obogaćenog selenom utvrđene su značajno veće koncentracije selena u plućima i jetri (Tablica 6.) u janjadi hranjene krmnom smjesom koja je sadržavala biofortificirani kukuruz obogaćen selenom.

Tablica 6. Koncentracije selena ($\mu\text{g}/\text{kg}$ svježe tvari) u različitim tkivima i njihove promjene u janjadi hranjene krmnim smjesama koje su sadržavale biofortificirani kukuruz (Antunović i sur., 2020.)**Table 6 Concentrations of selenium ($\mu\text{g}/\text{kg}$ fresh matter) in different tissues and their changes in lambs fed feed mixtures containing biofortified corn (Antunović et al., 2020)**

Tkivo - Tissue	Grupa - Group		Promjena, % - Change
	Kontrola - Control	Biofortificirani kukuruz - Biofortified corn	
Mišić* - Muscle	0.13	0.13	-
Bubreg - Kidney	1.07	1.19	+11.21
Jetra - Liver	0.75 ^a	0.92 ^b	+25.12
Srce - Heart	0.23	0.24	+4.35
Slezena - Spleen	0.33	0.39	+18.18
Pluća - Lungs	0.26 ^a	0.33 ^b	+26.92

*MLD *Musculus longissimus dorsi* (dugi ledni mišić); a,b = ($P < 0,05$)

Navedena istraživanja koja koriste biofortificirana krmiva sa selenom u hranidbi janjadi u pravcu obogaćivanja njihovoga mesa selenom imaju opravdanost i kroz prizmu zadovoljavanja potreba humane populacije za prirodnim izvorom selena.

ZAKLJUČAK

Janjeće meso ima važnu ulogu u prehrani ljudi. Različitim hranidbenim modifikacijama moguće je značajno promijeniti (prije svega poboljšati) sadržaj minerala u janječem mesu pa tako i selena. Unos selena u janjadi varira zbog promjene elementarnog sastava biljnih vrsta tijekom sezone, te koncentracije u krmnoj smjesi. Hranidbeni čimbenici imaju značajan utjecaj na sadržaj selena u janječem mesu. Selen organskog podrijetla, osobito podrijetlom od biofortificiranih krmiva pokazuje bolju dostupnost u odnosu na anorganski izvor a korišteni su za poboljšanje zdravlja i proizvodnosti te mogu biti put u procesu obogaćivanja janječeg mesa selenom prirodnim putem.

Analizom dosadašnjih dostupnih istraživanja vidljiv je značajan utjecaj dodatka selena (organski oblici) ili korištenih biofortificiranih krmiva selenom u hrani janjadi na njegov sadržaj u janječem mesu te je to put koji treba koristiti u procesu obogaćivanja janječeg mesa selenom.

LITERATURA

1. Abd El Ghany, H., J., Tortora- Perez, L. (2010.): The importance of selenium and the effects of its deficiency in animal health. *Small Rum. Res.* 89, 185-192.
2. Aladrović, J., Lozančić, I., Lojkić, M., Pušić, I., Pađen, L., Prevendar Crnić, A. (2021.): Fiziološki i toksični učinci selena u životinja. *Hrvatski veterinarski vjesnik*, 29, 1, 22-31.
3. Alfthan, G., Euroola, M., Ekholm, P., Venäläinen, E.R., Root, T., Korkalainen, K., Hartikainen, H., Salminen, P., Hietaniemi, V., Aspila, P., Aro, A. (2015.): Effects of nationwide addition of selenium to fertilizers on foods, and animal and human health in Finland: From deficiency to optimal selenium status of the population. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 31, 142-147.
4. Al-Ahmary, K.M. (2009.): Selenium content in selected foods from the Saudi Arabia market and estimation of the daily intake. *Arab. J. Chem.* 2, 2, 95-99.
5. Allen, L.H. (2003.): Interventions for micronutrient deficiency control in developing countries: past, present and future. *The Journal of Nutrition*, 133, 11, 3875S-3878S.
6. Almani, S., Talpur, F.N., Memon, N., Afridi, H.I. (2020.): Selenium Contents in Different Types of Raw and Processed Meat Products, Consumed Among the General Population of Pakistan. *Biological Trace Element Research* 193, 357-363.
7. Antunović, Z., Marić, I., Matanić, I., Senčić, Đ., Šperanda, M., Novoselec, J. (2008.a) : Aktivnost enzima i hormona štitnjače u krvi za procjenu opskrbljenosti ovaca selenom. *Krmiva* 51, 131-137.

8. Antunović, Z., Kopic, B., Šperanda, M., Steiner, Z., Novoselec, J. (2008.b): Utjecaj dodatka selena na proizvodna svojstva janjadi i koncentraciju hormona štitnjače. *Krmiva* 50, 191-196.
9. Antunović, Z., Novoselec, J., Klapac, T., Čavar, S., Mioč, B., Šperanda M. (2009.): Influence of different selenium source of performance, blood and meat selenium content of fattening lambs. *Italian Journal Animal Science*, 8, 3, 163-165.
10. Antunović, Z., Steiner, Z., Vegara, M., Šperanda, M., Steiner, Z., Novoselec, J (2010.): Concentration of selenium in soil, pasture, blood and wool of sheep. *Acta Vet-Beograd* 60, 263-271.
11. Antunović, Z., Klapac, T., Čavar, S., Šperanda, M., Pavić, V., Novoselec, J., Klir, Ž. (2013.): Status of selenium and correlation with blood GSH-Px in goats and their kids in organic breeding fed with different levels of organic selenium *Archiv für Tierzucht* 56,16, 169-177.
12. Antunović, Z., Klir, Ž., Šperanda, M., Lončarić, Z., Mioč, B., Čebulj-Kadunc, N., Samac, D., Novoselec, J. (2020): Productive traits, selenium status and blood metabolic status in fattening lambs affected by selenium biofortified corn. *Acta vet Brno* 89, 141–150.
13. Antunović, Z., Novoselec, J., Klir Šalavardić, Ž. (2021.): Primjena biofortificiranih krmiva obogaćenih mikroelementima u hranidbi ovaca. 23. savjetovanje uzgajivača ovaca i koza u Republici Hrvatskoj. 30.9. – 1.10.2021. Rabac, Zbornik radova, str. 75-86.
14. Benzie, I.F. (1996.): Lipid peroxidation: a review of causes, consequences, measurement, and dietary influences. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 46, 233-61.
15. Bierla, K., Dernovics, M., Vacchina, V., Szpunar, J., Bertin, G., Lobinski, R. (2008.): Determination of selenocysteine and selenomethionine in edible animal tissues by 2D size-exclusion reversed-phase HPLC-ICP MS following carbamidomethylation and proteolytic extraction. *Analyt. Bioanalyt. Chem.* 390, 1789–1798.
16. Bo Trabi, E., Seddik, H.-E., Xie, F., Wang, X, Liu, J., Mao, S. (2020.): Effect of pelleted high-grain total mixed ration on rumen morphology, epithelium-associated microbiota and gene expression of pro-inflammatory cytokines and tight junction proteins in Hu sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 263.
17. Borg, S., Brinch-Pedersen, H., Tauris, B., & Holm, P. B. (2009.): Iron transport, deposition and bioavailability in the wheat and barley grain. *Plant and Soil* 325, 1-2, 15-24.
18. Broadley, M.R., White, P.J., Bryson, R..J, Meacham, M.C, Bowen, H.C., Johnson, E.S., Hawkesford, M.J., McGraffth, S.P, Zhao, F-J., Breward, N., Harriman, M., Tucker, M. (2006): Biofortification of UK food crops with selenium. *Proceedings of the Nutrition Society* 65, 2, 169-181.
19. Cloete, S.W.P., Niekerk, V.F.E., Young, M., der Merwe, V.G.D., Clark, J. (1999): The application of a selenium fertiliser for the correction of marginal deficiencies in grazing sheep. *Tydskr.S. Afr. vet. Ver.* 70, 3, 107–111.
20. Combs, G.F.Jr. (2000.): Food system-based approaches to improving micronutrient nutrition: the case for selenium. *Biofactors* 12, 1–4, 39–43.
21. Combs, G.F.Jr. (2001.): Selenium in global food systems. *British Journal of Nutrition* 85, 517–547.
22. Demirezen, D., Uruç, K. (2006.): Comparative study of trace elements in certain fish, meat and meat products. *Meat Sci* 74, 2, 255–260.
23. Díaz-Alarcón, J.P., Navarro-Alarcón, M., López-García, de la Serrana H., López-Martínez, M.C. (1996.): Determination of selenium in meat products by hydride generation atomic absorption spectrometry selenium levels in meat, organ meats, and sausages in Spain. *J. Agric. Food Chem.* 44, 6, 494–1497.
24. Ellis, D.R., Salt, D.E. (2003.): Plants, selenium and human health. *Current Opinion in Plant Biology* 6, 273–279.
25. Finley, J.W., Grusak, M.A., Keck, A.S., Gregoire, B.R. (2004.): Bioavailability of selenium from meat and broccoli as determined by retention and distribution of ⁷⁵Se. *Biol Trace Elem Res.* 9, 191–209.
26. Fisinin, V.I., Papazyan, T.T., Surai, P.F. (2009.): Producing selenium-enriched eggs and meat to improve the selenium status of the general population. *Critical Reviews in Biotechnology* 29, 1, 18–28
27. Galić, L., Vinković, T., Ravnjak, B., Lončarić, Z. (2021.): Agronomic Biofortification of Significant Cereal Crops with Selenium—A Review. *Agronomy* 11, 1015.
28. Gavrilović, B. (1982.): Važnost količine selena u tlu i krmivima u odnosu na pojavu nekih bolesti goveda, svinja i ovaca. *Stočarstvo* 36, 11-12, 409-420.
29. Gerber, N., Brogioli, R., Hattendorf, B., Scheeder, M.R.L., Wenk, C., Gunther, D. (2009.): Variability of selected trace elements of different meat cuts determined by ICP-MS and DRC-ICPMS. *Animal* 3, 1, 166-172.

30. Gibson, C., Park, Y.H., Myoung, K.H., Suh, M.K., McArthur, T., Lyons, G., & Stewart, D. (2006.): The biofortification of barley with selenium. Proceedings of the Institute of Brewery & Distilling (Asia-Pacific Section) Carventron 19-24.
31. Giro, T.M., Molchanov, A. V. Kozin, A.N., Giro, A.V., Fat'yanov, E.V., Svetlov, V.V. (2021.): Use of iodine and selenium enriched fodder rations for production of fortified young lamb. Theory and practice of meat processing 6, 1, 46–55.
32. Govasmark, E., Steen, A., Strom, T., Hasen, S., Bakken, A.K. (2005.): Trace elements status of soil and organically grown herbage in relation to animal requirements. Agricultural University of Iceland, Essential trace elements for plants, animals and humans, NJF Seminar no. 370, Reykjavik, Iceland 15-17 August 2005, 43-46.
33. Gray, J.I., Gomaa, E.A., Buckley, D.J. (1996.): Oxidative quality and shelf life of meats. Meat Sci. 43, 111-123.
34. Holben, D.H., Smith, A.M. (1999.): A review. Journal of the American Dietetic Association 99, 836–843.
35. Jacobson, D. R., Hemken, R. W., Button, F. S., Hatton, R.H. (1971.): Mineral nutrition, calcium, phosphorus, magnesium, and potassium interrelationship. Journal of Dairy Science 55, 7, 935-944.
36. Kieliszek, M., Blazejak, S. (2013.): Significance, and outlook for supplementation. Nutrition 29, 713–718.
37. Lin, Y.H., Shiau, S.Y. (2007.): The effects of dietary selenium on the oxidative stress of grouper, *Epinephelus malabaricus*, fed higher copper. Aquaculture 267, 38-43.
38. Malagoli, M., Chiavon, M., dall' Acqua, S., Pilon-Smit, E.A.H. (2015.): Effects of selenium biofortification on crop nutritional quality. Front Plant Sci 6, 280.
39. McDowell, L. R. (2003.): Minerals in animal and human nutrition. Elsevier Health Science, Amsterdam, The Netherlands.
40. Mehdi, Y., Dufrasne, I. (2016.): Selenium in Cattle: A Review. Molecules 21, 54.
41. Minson, D. J. (1990.): Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, New York, 295-382.
42. Monsen, E.R. (2000.): Dietary reference intakes for the antioxidant nutrients: vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. J Acad Nutr Diet 100(6):637.
43. Novoselec, J., Klir, Ž., Domaćinović, M., Lončarić, Z., Antunović, Z. (2018.): Biofortification of feedstuffs with microelements in animal nutrition. Poljoprivreda 24, 1, 25-34.
44. Rayman, M.P. (2000.): The importance of selenium to human health. The Lancet 356, 233-241.
45. Rawat, N., Neelam, K., Tiwari, V.K., & Dhaliwal, H.S. (2013.): Biofortification of cereals to overcome hidden hunger. Plant Breeding, 132, 5, 437-445.
46. Schrauzer, G.N. (2000.): Selenomethionine. A review of its nutritional significance, metabolism and toxicity. J. Nutr. 130, 1653-1656.
47. Schrauzer, G.N. (2003.): The nutritional significance, metabolism and toxicology of selenomethionine. Advances in Food and Nutrition Research 47, 73-112.
48. Shi, B. & Spallholz, J.E. (1994.): Selenium from beef is highly bioavailable as assessed by liver glutathione peroxidase (EC 1.11.19) activity and tissue selenium. Br. J. Nutr. 72, 873–881.
49. Steen, A., Strom, T., Bernhof A. (2008.): Organic selenium supplementation increased selenium concentration in ewe and newborn lamb blood and slaughter lamb meat compared to inorganic selenium supplementation. Acta Veterinaria Scandinavica 50, 7, 1-6.
50. Thomson, C.D. (2004.): Assessment of requirements for selenium and adequacy of selenium status: A review. Eur. J. Clin. Nutr. 58, 3, 391-402.
51. Tóth, R.J., Csapó, J. (2018.): The role of selenium in nutrition. A review. Acta Univ. Sapientiae Alimentaria 11, 128-144.
52. Underwood, E.J., Suttle, N.F. (2001.): The Mineral nutrition of Livestock, 3rd edition. CABI publishing, UK, 614.
53. Van Der Straeten, D., Bhullar, N.K., De Steur, H., Gruissem, W., MacKenzie, D., Pfeiffer, W., Qaim, M., Slamet-Loedin, I., Strobbe, S., Tohme, J., Trijatmiko, K.R., Vanderschuren, H., Van Montagu, M., Zhang, C., & Bouis, H. (2020.): Multiplying the efficiency and impact of biofortification through metabolic engineering. Nature communications 11, 1, 5203.
54. Vignola, G., Lambertini, L., Mazzone, G., Giammarco, M., Tassinari, M., Martelli, G., Bertin, G. (2008.): Effects of selenium source and level of supplementation on the performance and meat quality of lambs. Meat Science 81, 678-685.
55. Whelan, B.R., Barrow, N. J., Peter D. W. (1994.): Selenium fertilizers for pastures grazed by sheep. Selenium concentrations in whole blood and plasma. Australian Journal of Agricultural Research 45, 863-875.

SUMMARY

Selenium is an important trace element in human and animal nutrition. The aim of this research is to present the methods/procedures that are undertaken in the process of enrichment of lamb meat with selenium. Various nutritional modifications can significantly change (primarily improve) the mineral content in lamb meat and thus selenium. Selenium intake in lambs varies due to changes in the elemental composition of plant species during the season, and the concentration in the feed mixture. Nutritional factors have a significant impact on the selenium content in lamb meat. Selenium of organic origin, especially originating from biofortified feeds, shows better availability compared to the inorganic source and it has been used to improve health and productivity as well as be a way in the process of enriching lamb meat with selenium naturally. The analysis of previous research shows a significant impact of selenium supplementation (organic forms) or used biofortified feeds with selenium in lamb feed on its content in lamb meat and this is the way to be used in the process of enriching lamb meat with selenium.

Key words: enrichment, lamb meat, selenium, inorganic and organic selenium sources, biofortification