

HELATNI OBLICI MIKROELEMENATA KAO DODATAK HRANI ZA SVINJE*

CHELATED FORMS OF MICROELEMENTS AS SWINE FEED ADDITIVES

D. Šefer, Dobrila Jakić-Dimić, Ž. Jokić, Z. Sinovec**

Životinjama su mikroelementi potrebni u malim količinama i učestvuju u skoro svim fiziološkim i biohemijskim procesima. Resorpcija mikroelemenata ne zavisi samo od sadržaja u hrani, nego i od doba životinje, elektrohemijske reakcije u crevima i oblika u kome se mikroelement nalazi. Izbor izvora zasniva se na sadržaju mikroelemenata u čistom stanju, rastvorljivosti u organizmu, dostupnosti i iskoristivosti. Oksidi, hloridi i karbonati slabo rastvorljivi, a pored toga hloridi su higroskopni, a karbonati brzo oksidišu. Sulfati su postojane soli, lake za prečišćavanje, a sulfatni jon se lako izlučuje iz organizma.

Pored neorganskih formi mineralnih materija, danas se sve više koriste, takozvani „helatni” oblici, odnosno organski vezani mikroelementi. Minerali vezani sa amino-kiselinom ili peptidom bolje su zaštićeni za vreme pasaže kroz želudac, a resorpcija helatne forme bakra je znatno veća od resorpcije iz sulfata. Resorpcija organski vezanih mikroelemenata se ne odvija konvencionalno (nosač/dufuzija), pa direktna homeostatska kontrola na nivou enterocita ne postoji, a retencija i biološki poluživot helatnog oblika su veći kod anorganske forme.

Ključne reči: svinje, mikroelementi, helatni oblici

Uvod / Introduction

Osnove ekonomične proizvodnje u stočarstvu nalaze se u ishrani koja treba u potpunosti da odgovara vrsti i kategoriji životinja. Da bi se genetski poten-

* Rad primljen za štampu 24. 5. 2004. godine

** Dr Dragan Šefer, docent, Katedra za ishranu, Fakultet veterinarske medicine, Beograd; dr Dobrila Jakić-Dimić, naučni saradnik, Naučni institut za veterinarstvo Srbije, Beograd; dr Živan Jokić, vanredni profesor, Poljoprivredni fakultet, Zemun; dr Zlatan Sinovec, profesor, Katedra za ishranu, Fakultet veterinarske medicine, Beograd

cijal maksimalno iskoristio životinji mora da se stavi na raspolaganje potrebna količina neophodnih hranljivih materija. Uključivanjem određenih biotehnoških proizvoda značajno može da se unapredi stočarska proizvodnja, pre svega u onim slučajevima u kojima su sirovine za optimalno formulisanje obroka limitirajuće, a iskoristivost hranljivih materija mala. U poslednje vreme uključivanje helatnih oblika mikroelemenata u stočnu hranu sa ciljem da se reše određeni problemi u ishrani je oblast koja privlači sve veću pažnju nutricionista.

Mikroelementi / *Microelements*

Životinjama su mikroelementi potrebni u malim količinama i učestvuju u skoro svim fiziološkim i biohemijskim procesima. Od čvrstine kostiju do održavanja strukture proteina i lipida, mikroelementi igraju važnu ulogu [7, 20, 21]. Mikroelementi se obezbeđuju životinjama preko hrane (prisutni), posebnim dodavanjem (dodati preko predmeša) ili kroz vodu. U intenzivnoj proizvodnji dodavanje je obavezno, jer se samo tako mogu da obezbede u dovoljnim količinama za optimalno zdravstveno stanje i proizvodne rezultate.

Bioiskoristivost je termin koji opisuje odnos između svarljivosti, resorpcije i metabolisanja nekog hranljivog sastojka normalnim biohemijskim i fiziološkim putevima [22, 30], a mnogo jednostavnije i preciznije kao deo koji može da se iskoristiti [13]. Potpunije, to je količina unetog elementa koja može da se resorbuje u crevima i da bude dostupna organizmu za metabolizam ili deponovanje.

Bez obzira na rezultate hemijske analize hrane koji ukazuju da je određeni mikroelement prisutan u dovoljnoj količini, često se javljaju supklinički ili klinički znaci nedostatka, jer iskoristivost mikroelementa varira ili se nalazi u neiskoristivoj formi [23]. Navedeno je posledica prisustva interferirajućih materija (fitinska kiselina i oksalna kiselina), interakcije sa drugim hranljivim materijama u digestivnom traktu, ili kompeticije sa drugim elementima vezanoj za mehanizme resorpcije. Resorpcija mikroelemenata ne zavisi samo od sadržaja u hrani, nego i od doba života, elektrohemijske reakcije u crevima i oblika u kome se nalazi mikroelement. Neorganske forme mineralnih materija u znatnoj količini se hidrolizuju u digestivnom traktu tokom varenja, što naročito potencira kisela sredina u želucu. Da bi se mineral resorbovao kroz sluzokožu crevnog zida prethodno mora da se veže za odgovarajući molekul organskog porekla (ligand). Kao rezultat međusobne kompeticije prisutnih hranljivih sastojaka za odgovarajuće ligande, kao i mnogobrojnih oksido-redukujućih procesa koji se odvijaju u lumenu digestivnog trakta, resorpcija mineralnih materija je, po pravilu, često vrlo mala. Usled toga, nerastvorljivi oblici unetih mineralnih materija izlučuju se fecesom.

Za sada, u praksi se najčešće upotrebljavaju neorganske soli mineralnih materija i to oksidi, karbonati, hloridi i sulfati. Izbor izvora zasniva se na sadržaju mikroelementa u čistom stanju, rastvorljivosti u organizmu, dostupnosti i iskoristivosti [25]. Potrebno je da se naglasi da su oksidi, hloridi i karbonati slabo rastvorljivi, a pored toga hloridi su higroskopni, a karbonati brzo oksidišu. Sulfati

su postojane soli, lake za prečišćavanje, a sulfatni jon se lako izlučuje iz organizma. Pored neorganskih oblika mineralnih materija, danas se sve više koriste takozvani „helatni” oblici, odnosno organski vezani mikroelementi [19].

Organski vezani mikroelementi / *Organically bound microelements*

„Kompleks” je termin koji označava jedinjenje koje nastaje kada metalni jon reaguje sa ligandom. Ligand je molekul ili jon koji sadrži atom sa slobodnim parom elektrona. Bilo koja od prirodnih amino-kiselina može da formira stabilan petočlani prsten sa metalnim jonom. Kada se formira kompleks koji poseduje jedan ili više heterocikličnih prstenova naziva se „helat”. Komercijalni mineralni dodaci su proteinati, a biopleksi su smeša amino-kiselina i peptida.

Minerali vezani za amino kiselinu ili peptid su bolje zaštićeni za vreme pasaže kroz želudac do mesta resorpcije nego neorganske soli [23, 16]. Mineralne materije vezane za amino-kiseline praktično su bez električnog naboja, tako da ne reaguju na promene pH tokom pasaže kroz digestivni trakt. Elektroneutralnost helata je veoma važna osobina, naročito za resorpciju, imajući u vidu negativno naelektrisanje intestinalne sluznice. Pozitivno naelektrisani kompleksi se jednostavno zalepe za površinu sluznice umesto da prodru kroz nju. Nasuprot tome, negativno naelektrisani kompleksi se odbijaju od površine crevne sluznice s obzirom na istovetan električni naboj. Takođe, smatra se da amino-kiseline ili dipeptidi mogu da posluže kao nosač minerala kroz zid digestivnog trakta povećavajući resorpciju. Na taj način mineralne materije umesto da postanu nerastvorljive, unose se u formi fiziološki prihvatljivoj za resorpciju i rešavaju postojeći problem mineralne deficijencije. S obzirom da se resorpcija organski vezanih mikroelemenata ne odvija konvencionalno (nosač/dufuzija), direktna homeostatska kontrola na nivou enterocita ne postoji, a pored toga retencija i biološki poluživot helatnog oblika su veći nego kod anorganske forme.

Helatni oblici mikroelemenata imaju poseban značaj u stanjima kada organizam pokazuje povećane potrebe u mikroelementima. U svim stanjima akutnog imunskog odgovora koncentracija mikroelemenata (Zn, Fe i Mn) u krvnoj plazmi naglo pada usled redistribucije u ćelije efektore imunog sistema (makrofagi, leukociti itd). Za razliku od neorganskih soli, koje samo prolazno povećavaju koncentraciju unetih mikroelemenata, helatni oblici znatno duže održavaju visoku koncentraciju minerala u krvi. Sa druge strane, oštećena tkiva pokazuju različite potrebe kako za mineralne materije, tako i za amino-kiseline kojima su helirani minerali. Na taj način moguće je da se utiče na resorpciju određenog minerala izborom adekvatnog helirajućeg molekula. Time se ujedno i objašnjava veća efikasnost helatnih formi mikroelemenata koje u sebi sadrže širi spektar amino-kiselina ili peptida.

Gvožđe ima ključnu ulogu u mnogim biohemijskim reakcijama. Prisutno je u pojedinim enzimima odgovornim za transport elektrona (citohromi), aktivaciju (oksidaze i oksigenaze) i transport kiseonika (hemoglobin, mioglobin). U telu se [26] gvožđe uglavnom nalazi vezano za različite proteine (hemoproteini), pri čemu najviše u obliku hemoglobina (60%) i mioglobulina (3-7%).

Gvožđe se slabo resorbuje, a naročito slabo iz hrane biljnog porekla. Sadržaj i iskoristivost gvožđa varira u zavisnosti od izvora i oblika neorganske forme i kreće se između 10 i 80 posto [1, 18]. Povećanjem sadržaja gvožđa u hrani ne postižu se očekivani efekti, jer je resorpcija pod homeostatskom kontrolom. Status gvožđa u organizmu ima presudan značaj za količinu resorbovanog gvožđa, odnosno u istim uslovima gvožđe se bolje resorbuje kod životinja deficijentnih sa gvožđem. Izuzev prasadi, sve ostale životinjske vrste i kategorije zadovoljavaju svoje potrebe u gvožđu uglavnom hranom [11].

Istraživanja izvedena poslednjih godina ukazuju da dodavanje gvožđa u organskim formama u hranu pozitivno deluje na proizvodne rezultate životinja. Istarživanja [4, 5, 2] ukazuju da se dodavanje organske forme gvožđa u hranu 7 dana pre prašenja i tokom 26-dnevnog laktacionog perioda pozitivno odražava na potrošnju hrane kod krmača, kao i masu odbijene prasadi. Navedeni rezultati se objašnjavaju činjenicom da na ovaj način više gvožđa prođe kroz placentu, ugrađivši se u fetus koji sada sadrži veću koncentraciju hemoglobina u krvi i jači imunološki profil posle rođenja. Jači imunski odgovor i povećana vitalnost svakako rezultiraju snažnijom prasadi koja su sposobna da posisaju više mleka i samim tim bolje napreduju. Utvrđeno je da helatne forme gvožđa pozitivno deluju i na reproduktivne rezultate krmača, putem uteroferina (uterinog proteina zavisnog od gvožđa) koji se luči u ranom graviditetu i povećava procenat embrionalnog preživljavanja.

Bakar je sastavni deo mnogih enzima i samim tim je uključen u mnogobrojne oksido-redukujuće reakcije u organizmu. Činjenica da je bakar sastavni deo enzima lizil oksidaze odgovornog za nastajnje kolagena i elastina ukazuju na moguću povezanost između deficijencije bakra i potencijalnih povreda. Do sada se bakar u hranu dodavao uglavnom u obliku neorganskih soli radi kompenzacije male količine bakra u grubim i zrnastim hranivima. Međutim, dodavanje adekvatnih količina bakra putem neorganskih soli vrlo često uzrokuje deficijenciju bakra usled njegovog interferiranja sa ostalim mineralnim materijama (Mo, SO₄, Fe, Se i Zn).

Molekul bakar sulfata disocira na jonski bakar tokom prolaska kroz ćelijsku membranu pasivnom difuzijom. Oligodinamičkom reakcijom jednom inkorporiran molekul bakra formira dvogube veze sa SH grupama u ćelijskoj membrani. Na taj način molekul bakra dovodi do denaturacije proteina, slabeći ćelijsku membranu i dovodi do moguće lize ćelija. Sa druge strane, helatna forma bakra može da prođe u ćeliju samo putem aktivnog transporta. Usled toga manja količina bakra ulazi u ćeliju pa ne može da ispolji toksične efekte, ali istovremeno

zadovoljava potrebe ćelije u bakru. Navedena razlika u transportu bakra kroz ćelijsku membranu rezultira znatno manjom toksičnošću helatne forme bakra za korisne vrste crevnih migkroorganizama.

Generalno, resorpcija helatne forme bakra je znatno veća od resorpcije iz sulfata [12]. Pored toga, organski vezan bakar ne interferira sa cinkom, ali ni sa bakar sulfatom, što ukazuje na različite puteve resorpcije organski i neorganski vezanog bakra. Iskoristivost bakra je najmanja iz bakar sulfata, zatim iz bakra vezanog sa lizinom, a najveća iz helatne forme bakra, iz čega proizilazi da se organske forme resorbuju drugim putevima i mehanizmima nego neorganske [15]. Bakar u helatnom obliku se resorbuje u organskoj formi i cirkuliše bez vezivanja za ceruloplazmin, a na opisan način ne interferira sa mehanizmima za resorpciju drugih elemenata, pre svega cinka i gvožđa. Navedeni mehanizam potvrđuje ranije navode da se metalni kompleksi resorbuju u formi dipeptidnog amino-kiselinskog kompleksa [3, 21]. Bakar poseduje sposobnost dvojakog transporta kroz intestinalnu sluzokožu [28, 29] i to u vidu anorganske forme, kao i u vidu intaktnih kompleksa. Dokazana je višestruko veća i brža resorpcija helatnih formi bakra u odnosu na neorganske izvore u ogledima na različitim vrstama životinja [3].

Mangan je esencijalan mikroelement, a nedostatak mangana je ustanovljen kod svinja, živine i preživara, kao i kod ljudi kod kojih je često udružen sa nedostatkom vitamina K. Mangan je uključen kao aktivator u pojedine enzimske sisteme (hidrolaza, kinaza, dekarboksilaza i transferaza), a takođe je i sastavni deo mnogobrojnih metaloenzima. Iz tog razloga mangan aktivno učestvuje u metabolizmu proteina, masti i ugljenih hidrata. Takođe, mangan je neophodan za normalan razvoj koštanog sistema i vezivnog tkiva. Ipak, nedostatak mangana se, prvenstveno, dovodi u vezu sa poremećajima reproduktivnog sistema. Definisana je skala poremećaja u reprodukciji svinja u zavisnosti od stepena nedostatka mangana koja se kreće od rođenja slabo vitalne prasadi sa ataksijom, preko rođenja avitalne prasadi koja uginu ubrzo posle rođenja do poremećaja u polnom ciklusu sa izostankom estrusa. Opisana anestrija se objašnjava činjenicom da mangan ima značajnu ulogu u funkcionisanju žutog tela.

Oksidi i sulfati su dva najčešća neorganska oblika putem kojih se mangan dodaje u stočnu hranu. Iako je iskoristivost sulfatne forme znatno veća u odnosu na ostale neorganske oblike (oksidi 60-80%, dioksidi i karbonati svega 30-40%) poznato je da sulfatna forma povećava kiselost u digestivnom traktu, što limitira njenu upotrebu [26].

Utvrđeno je da je iskoristivost mangana u životinjskom organizmu najveća kada se mangan dodaje u helatnoj formi [17]. Dodavanje mangana vezanog za proteine znatno povećava njegovu koncentraciju u krvi u odnosu na neorganske oblike [34], što se pozitivno odražava na proizvodne rezultate. Ustanovljen je značajno veći dnevni prirast ($p < 0.01$) kod prasadi koja su dobijala mangan u helatnoj formi [14] u odnosu na prasad kod kojih je mangan obez-

beđen putem neorganskih oblika (oksidi i sulfati). Posmatrajući ukupne proizvodne pokazatelje prasada koja su dobijala mangan u organskom obliku postigla su bolje rezultate za 8 posto u odnosu na prasada koja su dobijala mangan oksid, odnosno za 5 posto u odnosu na korišćenje mangana sulfata.

Cink ima višestruku ulogu u organizmu i neophodan je za održavanje normalne funkcije epitela. Takođe, cink ima značajnu ulogu u reproduktivnim funkcijama, kao i obnavljanju oštećenih tkiva. Ne treba zanemariti ni njegovu ulogu u odbrani organizma od različitih patoloških stanja, kako u smislu pojačanja imunskog odgovora na patogene, tako i u preventivi održavanjem normalne funkcije sluznice. Rezerve cinka u organizmu su vrlo male, a i tako male količine ne mogu u potpunosti da se iskoriste. Metabolizam cinka je vrlo brz, tako da je neophodno konstantno unošenje cinka hranom.

Kompleksna uloga cinka u organizmu, kao i njegov specifičan metabolizam, obavezuje na izbor optimalnog oblika cinka koji će da bude i maksimalno iskoristiv za životinju. Mnogobrojni eksperimenti na različitim životinjskim vrstama potvrđuju superiornost helatnih formi cinka u odnosu na neorganske soli. Korišćenjem cink proteinata u ishrani krava muzara znatno je smanjen broj somatskih ćelija u mleku (indikator mastitisa) u odnosu na korišćene neorganske oblike cinka [36]. Navedena pojava se objašnjava boljom iskoristivošću cinka u sintezi keratina koji istovremeno predstavlja i osnovnu barijeru bakterijama prilikom njihove migracije iz spoljašnje sredine u mlečnu žlezdu [8, 6].

Kombinovanom upotrebom proteinskih kompleksa cinka i bakra poboljšavaju se i reproduktivne osobine krava u smislu smanjenja broja dana do pojavljivanja folikula sa 9.3 na 7.8, povećanjem broja ovulirajućih folikula, kao i lakšim postpartalnim periodom [31].

Takođe, kvalitet ljuske jaja je znatno bolji kada se u ishrani kokošaka nosilja cink u neorganskom obliku zameni helatnim oblikom. Helatni oblik cinka pozitivno deluju i na povećanje jajčane mase (generator profita u tržišnim uslovima) tako da se u ishrani kokoši nosilja preporučuje da se 40 posto potreba u mikroelementima obavezno obezbedi u obliku proteinata ili helata.

Slično bakru, iskoristivost cinka vezana je za metalotionein koji reguliše stepen resorpcije, ali služi i kao antioksidant za slobodne i hidrosil radikale, pa se zbog toga ne preporučuje potpuna supstitucija neorganskog cinka helatnim oblikom [23].

Selen biološku ulogu obavlja preko enzima glutation peroksidaze (GSHPx) koji u svom aktivnom centru, pored selena, sadrži katalazu, superoksid dismutazu i vitamin E učestvujući u mehanizmu odbrane ćelijskih membrana od peroksidativnih oštećenja [9]. Iako se mehanizmi delovanja selena i vitamina E razlikuju njihovo dejstvo je komplementarno. U ćelijskoj membrani vitamin E sekvestira slobodne radikale pre nego što oni iniciraju lipidnu peroksidaciju. Sa druge strane, selen u okviru glutation peroksidaze redukuje prelaženje hidro-

peroksidaza u alkohole. Na taj način vitamin E i selen zajednički preveniraju ćelijska i tkivna oštećenja koja nastaju kao rezultat oštećenja funkcija ćelijske membrane. Ipak, to nije i jedina funkcija selena, jer je ustanovljeno više od 20 različitih selenoproteina u tkivu pacova, kao i prisustvo pojedinih seleno enzima u bakterijama [10, 24].

Utvrđeno je da se transport selena kroz crevni zid značajno u zavisnosti od raspoloživog oblika. Za razliku od organskih formi selena koje lako resorbuju sve životinjske vrste aktivnim transportom, neorganski oblici se resorbuju pasivno, pa stepen resorpcije u velikoj meri zavisi od gradijenta koncentracije. Poslednja istraživanja o iskoritivosti organskih i neorganskih oblika selena ukazuju da se organski oblici u vidu selenometionina znatno bolje resorbuju u odnosu na neorganske oblike [35].

Pored navedenog, poseban problem predstavlja zagađivanje životne okoline pri korišćenju neorganskih soli selena. Naime, usled male iskoritivosti i svarljivosti selena iz neorganskih soli (30-70%) veliki deo se izlučuje fecesom sa posledičnim koncentrovanjem selena u stajskom đubrivu. Korišćenjem takvog đubriva može da se poveća sadržaj selena u površinskom sloju zemlje, a tako dobijeni usevi mogu da budu toksični za životinje. Zbog mogućih ekoloških problema u svetu je otpočela supstitucija neorganskih izvora selena organskim oblicima, a u tom pravcu Japan je otišao najdalje uvodeći 1998. godine zabranu korišćenja neorganskih soli selena u ishrani životinja.

Praktična primena helata / *Practical implementation of chelates*

Primena helata u praksi proističe upravo iz problema koji se javljaju u ishrani svinja. Da bi se genetski potencijal maksimalno iskoristio životinji mora da se stavi na raspolaganje potrebna količina neophodnih hranljivih materija, uključujući i mikroelemente. Korišćenjem organski vezanih mikroelemenata značajno može da se unapredi stočarska proizvodnja, pre svega, u onim slučajevima u kojima su sirovine za optimalno formulisanje obroka limitirajuće, a iskoritivost hranljivih materija mala i/ili je njihova svarljivost limitirana fiziološkim funkcijama.

Efikasnost helata kao dodataka hrani je posebno značajna u ishrani krmača i odbijene prasadi. Ispitivanja efikasnosti helatnih oblika mikroelemenata na proizvodne rezultate krmača i prasadi izvedena su u proizvodnim uslovima.

Prvi ogled izveden je na 136 suprasnih krmača podeljenih u dve grupe koje su tokom graviditeta hranjene smešama standardnog sirovinskog i hemijskog sastava [32]. Razlika između grupa bila je u korišćenim izvorima mikroelemenata. Smeše za kontrolnu grupu sadržale su mikroelemente u neorganaskom obliku soli, dok je u smešama za oglednu grupu obavljena supstitucija 30 posto soli helatnim izvorima mikroelemenata (Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Se). Korišćenjem smeša sa organski vezanim mikroelementima postignuti su bolji rezultati pri prašenju i to veći broj živorođene prasadi za 5,82 posto, manji broj mrtvorodene

prasadi za 8,89 posto i manji broj avitalne prasadi za 6,74 posto uz veću ukupnu masu legla na prašenju za 5,09 posto. Pored toga, utvrđeno je da je koncentracija posmatranih mikroelemenata u krvnom serumu krmača hranjenih smešama u koje su dodati helati značajno viša, pri čemu treba da se istakne da je koncentracija Fe u krvnom serumu bila viša za 52,52 posto ($7,94 \pm 2,03$ vs $12,11 \pm 2,40$ $\mu\text{g/ml}$), a u mleku za 6,48 posto ($4,94 \pm 1,92$ vs $5,26 \pm 1,76$ $\mu\text{g/ml}$).

Drugi ogled je izveden na 27 odbijene prasadi podeljenih u tri grupe u trajanju od 19 dana [33]. Prasad kontrolne grupe su hranjena standardnom smešom za odbijenu prasad koja je sadržala mikroelemente u neorganskom obliku soli. U smešama za ogledne grupe obavljena je supstitucija 30 posto soli helatnim izvorima mikroelemenata (Fe, Zn, Cu, Mn), pri čemu su u prvoj grupi korišćeni mikroelementi sa metioninom kao ligandom, a u drugoj sa glicinom. U odnosu na kontrolnu grupu, prasad oglednih grupa je postigla viši dnevni prirast ($0,514 \pm 0,90$, $0,564 \pm 0,10$, $0,523 \pm 0,06$ kg) pri gotovo identičnoj konverziji hrane (2,05, 2,06, 2,07 kg). Koncentracija ispitivanih mikroelemenata (Fe, Zn, Cu, Mn) u krvnom serumu prasadi oglednih grupa bila je statistički značajno viša u odnosu na kontrolnu grupu, što ukazuje na bolju iskoristivost organski vezanih mikroelemenata, posebno onih koji su vezani na metionin kao ligandom.

Zaključak / Conclusion

Dosadašnja razmišljanja o upotrebi mikroelemenata u ishrani životinja uglavnom su atavistički bazirana na korišćenju uobičajenih neorganskih formi (cink oksid, bakar sulfat, itd). Čak i u retkim slučajevima razmišljanja o odnosu iskoristivost/oblik, zajednički stav se bazira na korišćenju što većih količina minerala, s obzirom na njihovu utvrđenu slabu iskoristivost i nemogućnost da se zadovolje potrebe životinskog organizma ili tkiva u pojedinom mikroelementu. Danas je jasno da je izvor, odnosno oblik u kome se dodaje mikroelement od esencijalnog značaja i presudno utiče na iskoristivost mikroelemenata, a samim tim i na proizvodne rezultate životinje. Korišćenjem organskih oblika mikroelemenata postiže se optimalan efekat u organizmu životinje, tako da se dosadašnji termin bioiskoristivost može zameniti terminom biološka aktivnost koji na merodavni način opisuje ulogu i značaj pojedinih mikroelemenata u metabolizmu.

Literatura / References

1. Ammerman C. B., Baker D. B., Lewis A. J.: Bioavailability of nutrients for animals. Academy Press, San Diego, 1995. – 2. Ashmead H. D., Graf D.: Placental transfer of chelated iron. Proceedings of the International Pig Veterinary Society, 207, Mexico, 1982. – 3. Ashmead H. D., Graff D. J., Ashmead H. H.: Intestinal absorption of Metal Ions and chelates. Charles C Thomas Publisher, Springfield, IL, 1985. – 4. Ashmead H. D.: Unlocking reproductive potential in the sow with amino acid chelated minerals. Proceedings of the XVII ANAPORC Symposium, Spain, 1996a. – 5. Ashmead H. D.: Nutrition of the high-producing

first parity sow. Proceedings of the XVII ANAPORC Symposium, 13-22, Spain, 1996b. – 6. Bitman J., Wood D. L., Bright S. A., Miller R. H., Capuco A. V., Roche A., Pankey J. W.: Lipid composition of teat canal keratin collected before and after milking from Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 74, 144, 1991. - 7. Burnell J. N., Whatley F. R.: Sulfur metabolism in *Paracoccus denitrificans*: Purification, properties and regulation of cysteinyl and methionyl tRNA synthetase. *Biochem. Biophys. Acta* 481, 266-278, 1977. – 8. Capuco A. V., Bright S. A., Pankey J. W., Wood D. L., Bitman J.: Increased susceptibility to intramammary infection following removal of teat canal ceratin. *J. Dairy Sci.* 75, 2126, 1992. - 9. Combs Jr. G. F.: Influences of dietary vitamin E and selenium on the oxidant defense system of the chick. *Poult Sci.* 60, 2098-2105, 1981. – 10. Combs G. F., Combs S. B.: The role of selenium in nutrition. Academic Press, Inc., New York, 1986. – 11. Cunha T. T.: Swine feeding and nutrition. Academic Press. New York, 1977. – 12. Du. Z., Hemken R., Clark T.: Comparison of bioavailabilities of copper proteinata, copper lysine and cupric sulfate and their interaction with iron. *J. Anim. Sci. (Suppl.)*, 72, 273-284, 1994. - 13. Forbes M, Erdman J.: Bioavailability of trace mineral elements. *Ann. Nutr. Rev.*, 3, 213-231, 1983. – 14. Gerbert S., Wenk C.: Effect of chromium and manganese supplementation form on performance, digestion, carcass characteristics and blood parameters on finishing gilts. In. *Bioplex Trace Mineral Proteinates*, 2/97, Alltech, Inc, 1994. – 15. Hemken R., Du Z., Shi W.: Use of proteinates to reduce competition from other trace minerals. u: *Biotechnology in the feed industry*, 91-94, 1996. – 16. Hemken R. W.: Role of organic trace minerals in animal nutrition. Proceedings, Alltech 1997 European and African Lecture Tour, 1997. – 17. Henry P. R.: Manganese bioavailability. In: *Bioavailability of Nutrients for Animals* (Ammerman C. B., Baker D. B., Lewis A. J. eds.) Academic Press, San Diego, 169-199, 1995. – 18. Henry P. R., Miller E. R.: Iron Bioavailability. In: *Bioavailability of Nutrients for Animals*, 169-199, C.B. Ammerman, D.H. Baker and A.S. Lewis (Eds.). Academic Press, San Diego, 1995. – 19. Hynes M. J., Kelly P.: Metal ions, chelates and proteinates. In *Biotechnology in the feed Industry*, Proceedings of the 11th Annual Symposium (Lyons, T.P., Jacques, K.A. eds). Nottingham University Press, Loughborough, Leics, UK, 1995. – 20. Jovanović N.: Značaj hroma u metabolizmu ugljenih hidrata. VI savetovanje o primeni premiksa u stočnoj hrani, 49-51, 1998. – 21. Kirchgessner M., Grassmann E.: The dynamics of copper absorption. In: Mills C.F. (Ed.) *Trace Element metabolism in Animals*, Proc. WAAP/IBP Int. Symp. 277-287. Aberdeen, Scotland, 1970. – 22. Lowe J.: An investigation into the metabolism of supplemental protected zinc with reference to the use of isotopes. u: *Biotechnology in the feed industry*, 195-216, 1996. - 23. Lyons P. T.: Biotechnology in the feed industry: 1994 and beyond. u: *Biotechnology in the feed industry*, 1-50, 1994. – 24. Mahan D. C.: Selenium metabolism in animals: What role doeselenium yeast have. Proceedings of the 11th Annual Symposium (Lyons, T.P., Jacques, K.A. eds)., 257-267, Nottingham University Press, Loughborough, Leics, UK, 1995. – 25. McDowell L.: Trace elements supplementation in Latin America. u: *Biotechnology in the feed industry*, 389-417, 1997. – 26. McDowell L. R.: Minerals in Animal and Human Nutrition. Academic Press, San Diego, 1992. – 27. Mihailović M.: Selen u ishrani ljudi i životinja. VKS, Beograd, 1996. - 28. Mills C. F.: Studies of the copper compounds in aqueous extracts of herbage. *Biochem. J.*, 63, 187-198, 1956a. - 29. Mills C. F.: The dietary availability of copper in the form of naturally occurring organic complexes. *Biochem. J.*, 63, 190-198, 1956b. – 30. O'Del L.: Bioavailability of trace elements. *Nutr. Rev.*, 42, 301-308, 1984. – 31. O'Donoghue G., Boland M. P.: Effects of an organic trace mineral supplement containing zinc, copper and selenium on reproductive efficiency and milk yield of spring-calving dairy cows. In. *Bioplex Trace Mineral Proteinates*, 2/97, Alltech, Inc, 1995. – 32. Pupavac S., Sinovec Z., Adamović M.: The effects of using organically bonded trace elements on performance of sows. *Biotechnologz in Animal Husbandry*, 16, 3-4, 19-26, 2000. – 33. Pupavac S., Sinovec Z., Ilić D., Bugarčić Ž., Jovanović N.: Rezultati korišćenja vitaminsko-mineralnih predmeša različitog sastava u ishrani prasadi. *Vet. glasnik*, 55, 291-298, 2001. – 34. Retter W. C.: Response to bioplex manganese. In. *Bioplex Trace Mineral Proteinates*, 2/97, Alltech, Inc, 1992. – 35.

Shan A. S., Davis R. H.: Effect of dietary phytate on growth and selenium status of chicks fed selenite or selenomethionine. *Br. Poult. Sci.* 35, 725-741, 1994. – 36. Spain J., Stevens C.: Effects of bioplex zinc or zinc oxide on mastitis incidence in lactating dairy cows. In: *Bioplex Trace Mineral Proteinates*, 2/97, Alltech, Inc, 1993.

ENGLISH

CHELATED FORMS OF MICROELEMENTS AS SWINE FEED ADDITIVES

D. Šefer, Dobrila Jakić-Dimić, Ž. Jokić, Z. Sinovec

Animals need microelements in small quantities which participate in almost all physiological and biochemical processes. Microelement resorption does not depend only on their content in feed, but also on the age of the animal, the electrochemical reaction in the intestines and the form of the microelement itself. The choice of the source is based on the microelement content in solid state, its solubility in the organism, availability and utilization. Oxides, chlorides and carbonates are poorly soluble, and chlorides are hygroscopic, and carbonates oxidize rapidly. Sulphates are durable salts, easy to purify, and sulphate ions are easily excreted from the organism.

In addition to nonorganic forms of mineral matter, so-called chelated forms are today increasingly being used, in fact, organically bound microelements. Minerals bound to an amino acid or peptide are better protected during their passage through the stomach, and the resorption of a chelated form of copper is considerably higher than resorption from sulphates. The resorption of organically bound microelements does not proceed in the conventional manner (carrier/diffusion), so that there is no direct homeostatic control at the level of enterocytes, and retention and the biological half-life of a chelated form are bigger than those of an anorganic form.

Key words: swine, microelement, chelated forms

РУССКИЙ

ХЕЛАТНЫЕ ФОРМЫ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ КАК ДОБАВКА КОРМУ ДЛЯ СВИНЕЙ

Д. Шефер, Добрила Якич-Димич, Ж. Јокич, З. Синовец

Микроэлементы животным нужны в небольших количествах и участвуют в почти всех физиологических и биохимических процессах. Резорбция микроэлементов не зависит только от содержания в корме, но и от возраста животного, электрохимической реакции в кишках и формы в которой микроэлемент находится. Выбор источника основывается на содержание микроэлемента в чистом состоянии, растворимость в организме, доступности и используемости. Окислы, Хлориды и карбонаты слабо растворимы, а при этом хлориды гигроскопически, а карбонаты быстро окисляются. Сульфаты постоянные соли, лёгкие для расщипления, а сульфатный ион легко выделяется из организма.

Возле неорганических форм минеральных веществ, в настоящее время всё больше пользуются так называемые „хелатные“ формы, то есть органически,

связанные микроэлементы. Минералы, связанные с аминокислотой или пептидом лучше защищены во время пассажа через желудок, резорбция хелатной формы меди значительно больше от резорбции из сульфатов. Резорбция органически, связанных микроэлементов не совершается конвенционально (опора/диффузия), и прямой гомеостатический контроль на уровне энтероцитов не существует, а ретенция и биологическая полужизнь хелатной формы больше, чем у анорганической формы.

Ключевые слова: свиней, микроэлементы, хелатные формы