

UTJECAJ DODAVANJA DIKALCIJ ILI TRIKALCIJ FOSFATA U HRANU SVINJA NA GRAĐU KOSTIJU

STUDY OF EFFECTS ON BONE STRUCTURE OF DICALCIUM AND TRICALCIUM PHOSPHATES AS FOOD ADDITIVES FOR PIGS

H. Gomerčić i Rajka Lesić-Mudrić

Izvorni znanstveni članak
UDK: 636.4:636.087.72
Primljeno: 16. ožujak 1993.

SAŽETAK

Istraživano je djelovanje na građu kostiju dikalcij fosfata (određenog proizvođača) i trikalcij fosfata («Kormophos», Fosfaty, Voskresensk, Ukrajina) kao dodataka hrani u odojaka. Skupine odojaka su tijekom 54 dana, odnosno od prosječne težine 6 kg do 27 kg primale u hrani 1% dikalcij fosfata. (II. skupina), odnosno 0,5% (III. skupina), 1% (IV. skupina) i 2% (V skupina) trikalcij fosfata. Kontrolna skupina (I. skupina) nije primala navedene dodatke, nego je u hrani primala samo 0,37% fosfora biljnog porijekla. Svaka skupina se sastojala od dvije muške i dvije ženske životinje.

Utvrđeno je da je s povećanjem koncentracije navedenih dodataka hrani paralelno dolazilo do povećanja čvrstoće i mase kostiju, povećanja količine kalcija i fosfora u kostima, te da je kod istih koncentracija dodavanja dikalcij i trikalcij fosfata, trikalcij fosfat bio neznatno biološki vredniji. Završne težine odojaka (žive vage i klaoničke težine) su također rasle s povećanjem koncentracije istraživanih dodataka, tako da su najveće bile u V. skupine, a najmanje u I. skupine. Ni u jedne istražene skupine nisu utvrđene nikakve patološke promjene na istraženim kostima.

Zaključeno je da se istraženi trikalcij fosfat, s gospodarskog gledišta, može koristiti kao izvor kalcija i fosfora u hranidbi svinja, te da ima čak nešto veću biološku vrijednost od dikalcij fosfata. Preporučeno je da se prije njegove široke primjene kao dodatka stočnoj hrani, istraži i njegovo eventualno sporedno djelovanje, djelovanje na reprodukciju, te teratogeno, mutageno i kancerogeno djelovanje.

Uvod

Istraživanja su izvršena sa svrhom da se utvrdi da li dodatak dikalcij ili trikalcij fosfata u hrani ima nekog utjecaja na građu kostiju u svinja u razvoju, te da li može imati povoljni utjecaj na razvoj mladih svinja. Kako su i kalcij i fosfor bitni građevni dijelovi koštanog sustava, bilo je za pretpostaviti, da će povećana količina ovih elemenata odnosno njihovih spojeva u hrani, dovesti do neke promjene metabolizma ovih tvari, te da bi mogla imati povoljni gospodarski utjecaj na tov svinja.

Kako kosti predstavljaju osnovu tijela i čine osnovu za prihvat mišića, to bi pojačani i ubrzani rast i razvoj koštanog sustava mogao činiti i osnovu za eventualni pojačani i ubrzani rast mišićja, odnosno povećani prirast mišićne mase tijela svinja, čime bi se svakako poboljšalo gospodarsko značenje tova svinja uz dodatak navedenih

Prof. dr. HRVOJE GOMERČIĆ, Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, RAJKA LESIĆ-MUDRIĆ, dipl. vet., Hraniva d.o.o., Zagreb, Hrvatska

kalcijevih spojeva. Osim toga dodatak ovih spojeva bi mogao imati važno gospodarsko značenje i u drugom smislu, odnosno neizravnom povećanju gospodarskog značenja tova svinja. Naime, u uzgoju mladih svinja s brzim porastom tjelesne mase pa time i mesa, može vrlo lagano doći do patoloških promjena (naročito na kostima) koje mogu neizravno znatno smanjiti gospodarsku vrijednost tova svinja. Zato je u intenzivnom uzgoju svih vrsta pa i svinja, neophodno točno izbalansirati sastavne dijelove hrane, kako bi hrana zadovoljavala povećane potrebe za izgradnjom organizma i za održavanjem normalnog zdravstvenog stanja životinje, što je osnova uspješnog gospodarenja.

Kao dodatni izvor kalcija i fosfora u hrani gospodarski važnih životinja pa i čovjeka, znatno češće se koristi dikalcij fosfat koji je dobro topiv u vodi, dok se trikalcij fosfat znatno rijede koristi zbog njegove slabe topivosti u vodi i pretpostavljene slabe resorpcije u probavnom traktu (Guillemant i Guillemant, 1991). Međutim, Sheikh i sur. (1987) su pokazali da se pojedine kalcijeve soli iako različite topivosti u vodi, podjednako resorbiraju iz probavnog trakta. Uz to, još su Molimard i sur. (1985) pokazali da uzimanje trikalcij fosfata u starijih ljudi dovodi do povišenja kalcija u serumu i povoljnog odnosa kalcija i fosfora u krvi. Mudrić i sur. (1990) u pilića, te Vitti i sur. (1991) u ovaca su pokazali da se trikalcij fosfat može upotrijebiti kao dodatak hrani umjesto dikalcij fosfata, te da njegov dodatak u hrani nema nikakvih negativnih utjecaja na prirast, utrošak i konverziju hrane, te količinu pepela, kalcija i fosfora u kostima. Na osnovi iznijetih podataka iz literature može se smatrati, da trikalcij fosfat može u potpunosti zamijeniti dikalcij fosfata u hrani, usprkos njegovoj slabij topivosti u vodi.

Dodavanje kalcija i fosfora u hrani u obliku pojedinih soli ipak može biti uzrokom promjenjenih metaboličkih procesa, pa i različitih desbalansa, jer je poznato da međusobno suprotno djeluju na sekreciju paratiroidnog hormona. Tako kationi kalcija inhibiraju oslobađanje paratiroidnog hormona (Dale i sur. 1965), dok anioni fosfora stimuliraju njegovu sekreciju vjerojatno putem smanjenja koncentracije ioniziranog kalcija u krvi (Reiss i sur. 1970). Kako je trikalcij fosfat po mineralnom sastavu gotovo istovjetan s kristalima hidroksiapatita koštanog tkiva (Lentz, 1971; Banks, 1981; Roberts i sur. 1991), te kako je djelovanje iona kalcija i fosfora iz trikalcij fosfata uravnoteženo (Guillemant i Guillemant, 1991) nema njegovog sporednog djelovanja na metabolizam i funkciju paratiroidne žlijezde u mladim, zdravih odraslih ljudi, to je za pretpostaviti da niti dodatak trikalcij fosfata u hrani svinja ne bi smjelo imati negativan učinak na razvoj kostiju. U tu svrhu smo ovim istraživanjima, željeli istražiti učinak dodatka trikalcij fosfata, te ga usporediti s do-

datkom dikalcij fosfata u hrani svinja u postnatalnom periodu života, te njihov može bitni utjecaj na građu i razvoj kostiju.

Materijal i metode

Istraživanja su izvršena na 20 svinja. Istraživano je djelovanje dodavanja hrani različitih koncentracija dikalcij fosfata (»Zorka«, Subotica) i trikalcij fosfata (»Kormophos«, Fosfaty, Voskresensk, Ukrajina). Prema trgovačkoj deklaraciji proizvođača, trikalcij fosfat je sadržavao 18% fosfora, 34% kalcija i nizak sadržaj flora, a uopće nije sadržavao kadmij, olovo i arsen. Svinje su podijeljene u 5 skupina u svakoj po 4 životinje (2 muške i 2 ženske).

I. skupina je bila kontrolna i u hrani je dobivala samo 0,37% fosfora iz biljnih izvora.

II. skupina je u hranu dobivala kao dodatak 1% dikalcij fosfata.

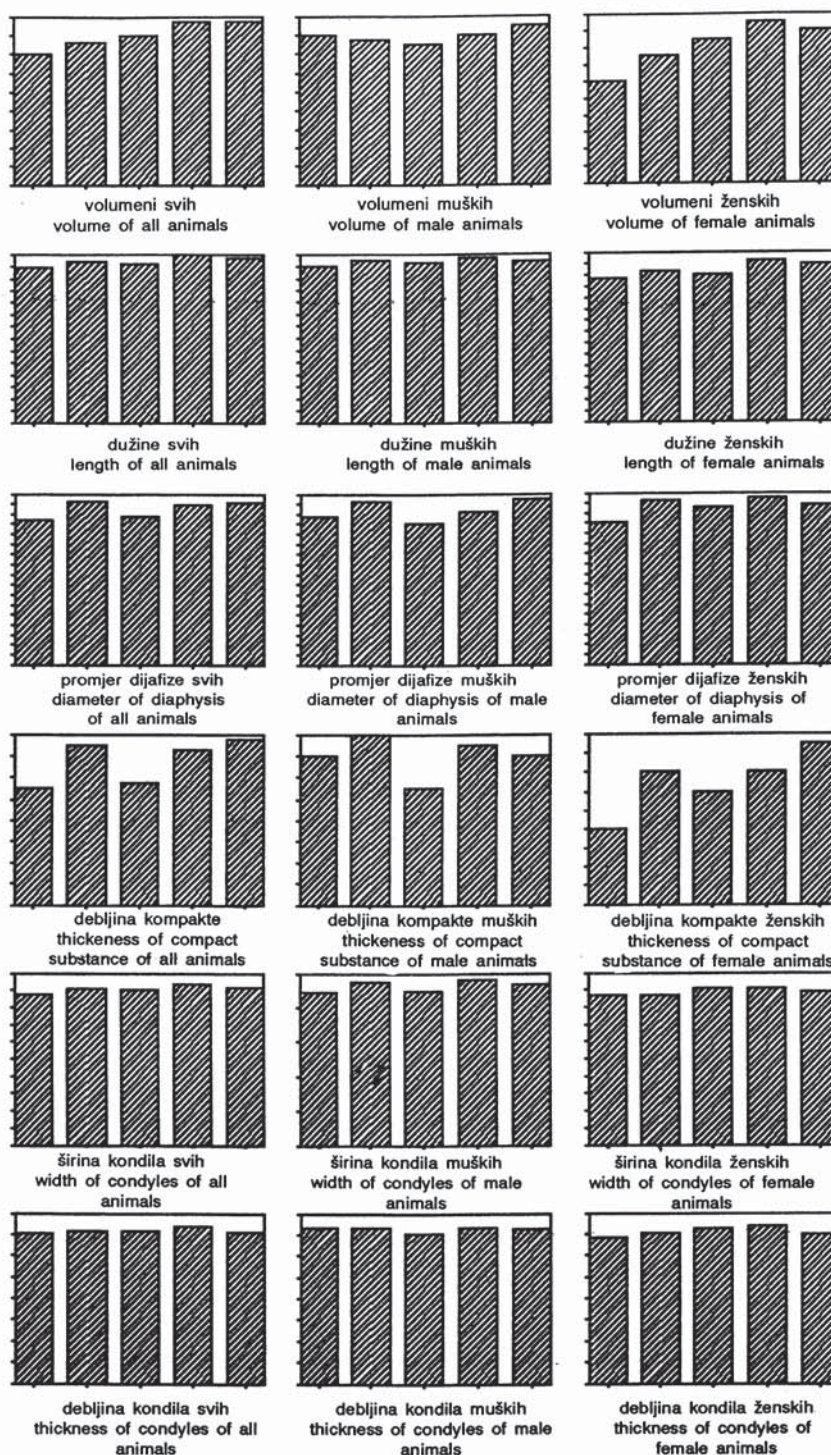
III. skupina je u hranu dobivala kao dodatak 0,5% trikalcij fosfata.

IV. skupina je u hranu dobivala kao dodatak 1% trikalcij fosfata.

V. skupina je u hranu dobivala kao dodatak 2% trikalcij fosfata.

Pokus je započeo 1. lipnja 1991., a završio 24. srpnja 1991., tako da je trajao ukupno 54 dana. Kroz to vrijeme životinje su povećale tjelesnu težinu otprilike za 21 kg. Svinje su stavljene u pokus pri prosječnoj težini od otprilike 6 kg, a pokus je završen i svinje su zaklane pri prosječnoj težini od 27 kg.

Na završetku pokusa životinje su izvagane i zaklane. Klaonički su obrađene i izvagane (klaonička težina). Nakon klaoničke obrade svakoj je životinji izvađena desna bedrena kost (os femoris dextrum) i desno 13. rebro (os costale XIII. dextrum). Kostu su dostavljene u laboratorij i podvrgnute laboratorijskim pretragama. Sve bedrene kosti su snimljene rendgenski u kranio-kaudalnoj projekciji sa 47 kV i 8 mAs, a rebra u latero-medijalnoj projekciji sa 37 kV i 5 mAs. Fotografije svih rendgenograma su snimljene i kopirane pod istovjetnim tehničkim uvjetima, tako da su njihove međusobne razlike posljedica različitih gustoća sjena na rendgenogramima, a ne posljedica različite dužine ekspozicije ili postupka razvijanja. Nakon toga na svim kostima su izvršena laboratorijska mjerenja. Prvo je određen volumen svih kostiju, nakon što su sa kostiju uklonjeni ostaci mekih tkiva. Na bedrenoj kosti je određena dužina, između naj-



Slika 8 Relativni odnosi mjera bedrene kosti pokusnih svinja. Lijevi stupac = I. skupina, desni stupac = V. skupina.

Figure 8 The relative correlations of sizes of the femur of experimental piglets. The left column = group I., the right column = group V.

proksimalnije i najdistalnije njene točke. Zatim je izmjeren promjer u sredini dijafize, te debljina kompakte (substantia compacta) nakon prerezivanja dijafize u njejoj sredini. Zatim su izmjerene poprečna (dužina između najlateralnije i najmedijalnije točke kondila - condylus lateralis et medialis femoris) i podužna (najmanja dužina između trochlea femoris et incisura intercondylica) dužina distalne epifize bedrene kosti. Srednji dio dijafize bedrene kosti je izrezan i osušen, te je u njemu određena ukupna količina suhe tvari, kalcija i fosfora u miligramima na gram osušene kosti. Na koštanom rebrima svih životinja je, nakon određivanja volumena, izmjerena debljina rebra (dužina između facies lateralis et medialis mjerena u sredini koštanog rebra). Srednji dio koštanog rebra je izrezan i osušen, te je u njemu određena ukupna količina suhe tvari, kalcija i fosfora u miligramima na gram osušene kosti. U istraženim uzorcima kostiju kalcij je određen metodom atomske apsorpcijske spektrofotometrije na stroju Perkin-Elmer model 1100 B (Perkin-Elmer corporation, 1964), a fosfor Briggsovom mikrokolorimetrijskom metodom (Jacobs, 1951).

Rezultati

Makroskopskom pretragom svih kostiju je nađena uobičajena građa osebujna za ovako mlade životinje, te nisu utvrđene nikakve patološke promjene niti na jednoj kosti kao ni na njihovim zglobnim površinama. Na metafizama (metaphysis) kao ni na epifiznim hrskavicama (cartilago epiphysialis) nisu uočene nikakve razlike između pojedinih skupina. Tetivasta prihvatišta pojedinih mišića i prihvatišta pojedinih ligamenata su potpuno uobičajenog izgleda, tako da ni u jedne pokusne životinje na njima nisu utvrđene nikakve promjene. Čitava pokosnica (periosteum) svih istraženih kostiju je potpuno normalna bez ikakvih promjena. Prerez dijafize (diaphysis) bedrene kosti je jednolikog izgleda u svih životinja, a nije utvrđena nikakva razlika ni u tvrdoći kompakte (substantia compacta) dijafize prilikom piljenja.

Na rendgenogramima bedrenih kostiju i rebra nisu uočene nikakve promjene koje bi odudarale od rendgenograma zdravih normalno građenih kostiju mladih svinja. Nisu utvrđene nikakve promjene u gustoći sjena koje bi upućivale na neki patološki proces ili odstupanje od normale. Ipak, utvrđene su znatne razlike u gustoći sjena između životinja pojedinih pokusnih skupina. Tako je uočeno, da su sjene kostiju I. skupine (kontrolne) znatno slabije nego ostale četiri skupine. Također su neznatno slabije i sjene kostiju III. skupine, od kostiju II., IV. i V. skupine. Osim toga se ističe da su sjene objih kostiju, ali više je to izraženo kod rebra, životinje broj 14. (IV. skupina) nešto slabije gustoće nego kod ostalih životinja iste skupine. Širina epifiznih pukotina odnosno širina epi-

fiznih hrskavica (cartilago epiphysialis) bedrene kosti je najmanja i njene konture su najslabije izražene u životinja I. skupine, dok su kod ostalih skupina pojedini centri okoštavanja bedrene kosti jasnije međusobno razdvojeni, širim i oštro ograničenim epifiznim pukotinama.

Brojčani rezultati dobiveni na istraženim kostima prikazani su u tablicama.

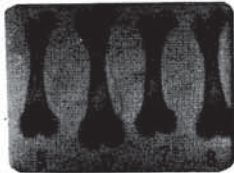
Razmatranje

Kao što je naprijed navedeno, dikalcij fosfat se znatno češće koristi kao izvor kalcija i fosfora u čovjeka i životinja zbog njegove znatno bolje topivosti u vodi, nego trikalcij fosfat. Ipak novija istraživanja potvrđuju i čak upućuju na to da bi trikalcij fosfat mogao biti vrlo dobar izvor i kalcija i fosfora u organizmu čovjeka i životinja (Molimard i sur. 1985.; Sheik i sur. 1987.; Mudrić i sur. 1990.; Guillemant i Guillemant, 1991.; Vitti i sur. 1991.). Objašnjenje za biološku vrijednost trikalcij fosfata mogu dati istraživanja Roberts i sur. (1991) koji su metodom nuklearne magnetske rezonancije potvrdili da se netopivi amorfn kalcij fosfat formule $\text{Ca}_9(\text{PO}_4)_6$ hidrolizom preobrazuje u slabo kristalični apatit, koji je građevni sastojak zrelog koštanog tkiva. Ipak su utvrdili, rendgenskom difrakcijom i infracrvenom spektrofotometrijom, da postoji znatna razlika u strukturi koštanog minerala i apatit trikalcij fosfata koji je nastao hidrolizom amornog trikalcij fosfata. Uz to je utvrđeno da se kalcij i fosfor u prvoj fazi formiranja koštanog tkiva deponiraju u kostima kao amorfn kalcij fosfat, a zatim se sazrijevanjem koštanog tkiva preobrazuju u slabo kristalizirani hidroksiapatit (Ponsner, 1972; Termine, 1972). Karakteristika apatita biološkog porijekla - hidroksiapatit formule $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ je da ima vrlo niski stupanj kristalizacije i da su oblikovani kristali vrlo maleni. Jedina iznimka od ovoga je apatit cakline zuba, koji je kristaliziran u velike kristale (Roberts i sur., 1991). Način na koji se amorfn trikalcij fosfat preobrazuje u apatit koštanog tkiva može se shvatiti iz istraživanja, koja su proveli Heughebaert i Montel (1982). Oni su utvrdili da u pretvorbi amornog trikalcij fosfata u trikalcij fosfat apatita postoje tri odvojena stadija. U prvom stadiju netopiva faza ostaje amorfn, dok je količina kiselog fosfata (HPO_4^{2-}) povećana. Drugi stadij je karakteriziran brzom promjenom netopive faze iz amornog stanja u slabo kristalizirani apatit, s nastavljanjem povećanja količine HPO_4^{2-} . Konačno u trećem stadiju količina HPO_4^{2-} se povećava do njenih konačnih vrijednosti, čime je pretvorba završena. Da se trikalcij fosfat uspješno može koristiti kao izvor kalcija i fosfora, pokazala su i najnovija istraživanja izvršena na ovcama u Brazilu. Vitti i sur. (1991) su u muških ovaca istraživali biološku vrijednost, odnosno iskoristivost fosfora iz dikalcij fosfata, te iz prirodnog trikalcij fosfata s tri različite



Slika 1 Rendgenogrami desnih bedrenih kostiju, svinja I. skupine, koje u hrani nisu dobivale istraživane dodatke.

Figure 1 The X-ray picture of the right femur of piglets of group I., without any additives in the feed.



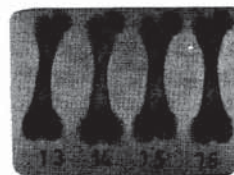
Slika 2 Rendgenogrami desnih bedrenih kostiju svinja II. skupine, koje su u hrani dobivale 1% dikalcijevog fosfata.

Figure 2 The X-ray picture of the right femur of piglets of group II., received a diet with feed additive, containing 1% dicalcium phosphate.



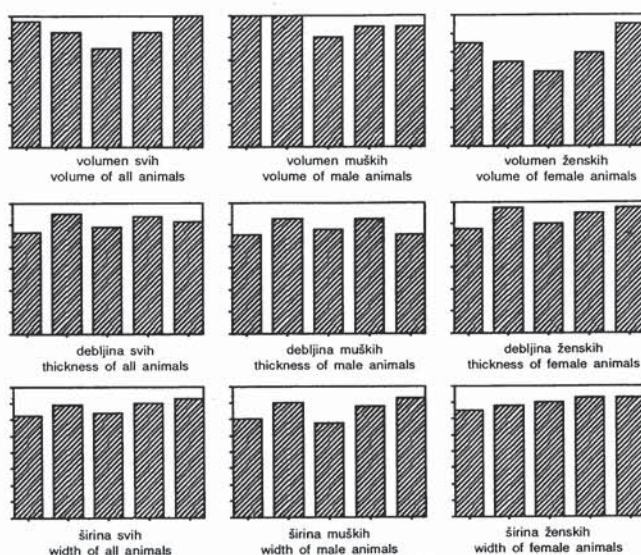
Slika 3 Rendgenogrami desnih bedrenih kostiju svinja II. skupine, koje su u hrani dobivale 0,5% trikalcijevog fosfata.

Figure 3 The X-ray picture of the right femur of piglets of group III., received a diet with feed additive, containing 0,5% tricalcium phosphate.



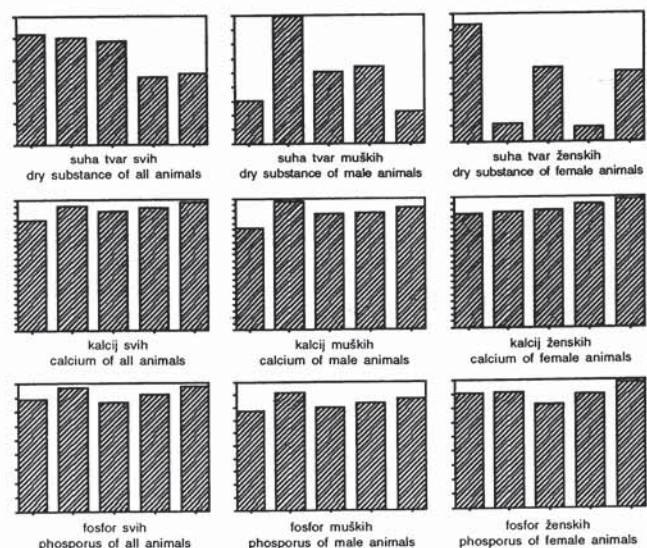
Slika 4 Rendgenogrami desnih bedrenih kostiju svinja IV. skupine, koje su u hrani dobivale 1% trikalcijevog fosfata.

Figure 4 The X-ray picture of the right femur of piglets of group IV., received a diet with feed additive, containing 1% tricalcium phosphate.



Slika 10 Relativni odnosi mjera rebara pokusnih svinja. Lijevi stupac = I. skupina, desni stupac = V. skupina.

Figure 10 The relative correlations of sizes of the ribs of experimental piglets. The left column = group I., the right column = group V.



Slika 11 Relativni odnosi suhe tvari, kalcija i fosfora rebara pokusnih svinja. Lijevi stupac = I. skupina, desni stupac = V. skupina.

Figure 11 The relative correlations of quantities of the dry substances, the calcium and the phosphorus of the ribs of experimental piglets. The left column = group I., the right column = group V.

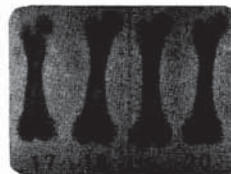
lokacije u Brazilu. Utvrdili su da je u istraživanih ovaca, iskoristivost fosfora iz prirodnog trikalcij fosfata sa sve tri lokacije, visoka u usporedbi s iskoristivosti iz dikalcij fosfata, te na dodatak u hrani navedenih prirodnih trikalcij fosfata nema nikakvog toksičnog utjecaja u istraživanoj dozi (4 g čistog fosfora po životinji dnevno). Do sličnih su rezultata već prije došli Molimard i sur. (1985) istražujući biološku vrijednost trikalcij fosfata u ljudi, te Mudrić i sur. (1990) u tovu pilića.

Rezultati ovdje izvršenih istraživanja, iako na premalenom broju životinja da bi se mogli smatrati potpuno vjerodostojnima, jasno pokazuju da dodatak u hranu 1% dikalcij fosfata, te 0,5%, 1% i 2% trikalcij fosfata ne izaziva u mladih svinja nikakve uočljive patološke promjene. Dapače, iz slika 12. i 13. je jasno uočljivo da navedeni dodaci imaju povoljno djelovanje na prirast životinja i to u živoj vagi i u klaoničkoj težini, bez obzira na spol životinja. Kroz 54 dana pokusa, tijekom kojih su dobivale različite koncentracije navedenih dodataka, najmanji prirast su imale kontrolne svinje, koje nisu dobivale navedene dodatke. Prirast se je povećavao paralelno s povećanjem koncentracije dodatka, s time da je neznatno veći bio kod dodatka trikalcij nego dikalcij fosfata (skupina II. i IV.). Slike 8. do 11. koje pokazuju međusobne relativne odnose pojedinih mjerenih parametara životinja različitih skupina, uglavnom pokazuju da se s povećanjem koncentracije dodataka u hrani gotovo svi povećavaju. Jedina iznimka je količina suhe tvari u kostima, koja se moglo bi se reći smanjuje s povećanjem koncentracije dodataka. Suhe tvari u istraživanim kostima najviše ima gotovo u svih životinja koje su primale 0,5% dikalcij fosfata. Na osnovu izgleda ovih slika, kao i prikazanih rendgenograma, moglo bi se zaključiti da je s povećanjem koncentracije dodanih dodataka hrani, naročito trikalcij fosfata, došlo do povećanja čvrstoće i mase istraživanih kostiju. To je izrazitije izraženo na bedrenoj kosti nego na XIII. rebru. Iz ovih tvrdnji mogle bi se izvući neke pretpostavke, koje nisu utvrđene ovim istraživanjima ali daju osnovu za njihovo postavljanje, pa bi u tom smislu trebalo nastaviti istraživanja. Prva moguća pretpostavka je da je do povećanja konačne težine životinja izazvane dodavanjem istraživanih dodataka hrani došlo samo na račun povećanja težine kostiju, što bi poništavalo utvrđenu gospodarsku vrijednost dodavanja trikalcij fosfata. Druga moguća pretpostavka, koja bi još više mogla povećati gospodarsko značenje dodavanja istraživanih dodataka hrani svinja je, da istraživani dodaci dovode do povećanja mase kostiju stražnje noge (za razliku od rebara) na kojoj se nalaze gospodarski najvrednije partije mesa, pa time još više utječu na gospodarsko značenje primjene istraženih dodataka stočnoj hrani. U daljnjim istraživanjima djelovanja trikalcij fosfata kao dodatka stočnoj hrani, trebalo bi razriješiti navedene dileme o

odnosu koštane i mišićne mase, te o masama mišićne mase pojedinih dijelova tijela, koje su svakako od gospodarske važnosti. Osim toga iz zdravstvenih i sigurnosnih razloga (i zbog mogućeg utjecaja na sekreciju paratiroidnog hormona) u daljnjim istraživanjima bi trebalo istražiti eventualno sporedno djelovanje navedenog trikalcij fosfata na reprodukciju i to u multigeneracijskim istraživanjima, da se isključi eventualno teratogeno, mutageno pa i kancerogeno djelovanje.

Zaključak

Izvršena istraživanja na kostima o utjecaju dikalcij i trikalcij fosfata dodanog u hrani mladih svinja u koncentracijama od 0,5%, 1% i 2% pokazuju da navedeni dodaci nisu izazvali nikakve patološke promjene na kostima. Povećanjem koncentracije istraženih dodataka, bedrena kost i u nešto manjoj mjeri rebro, pokazivali su izgled zdravih dobro razvijenih kostiju s dostatnom količinom anorganskih tvari. Povišenjem koncentracije u hrani istraživanih dodataka kosti s dostatnom količinom anorganskih tvari. Povišenjem koncentracije u hrani istraživanih dodataka kosti su sadržavale veće količine i kalcija i fosfora. U tom smislu, biološki nešto vrednijim pokazao se istraženi trikalcij fosfat nego dikalcij fosfat. Uz to izvršena istraživanja su pokazala da je s povećanjem koncentracije (od 0,5% do 2% u hrani) dodataka, naročito trikalcij fosfata, dolazilo i do povećanja konačne tjelesne i klaoničke težine mladih svinja.



Slika 5 Rendgenogrami desnih bedrenih kostiju svinja V. skupine, koje su u hrani dobivale 2% trikalcijevog fosfata.

Figure 5 The X-ray picture of the right femur of piglets of group V, received a diet with feed additive, containing 2% tricalcium phosphate.



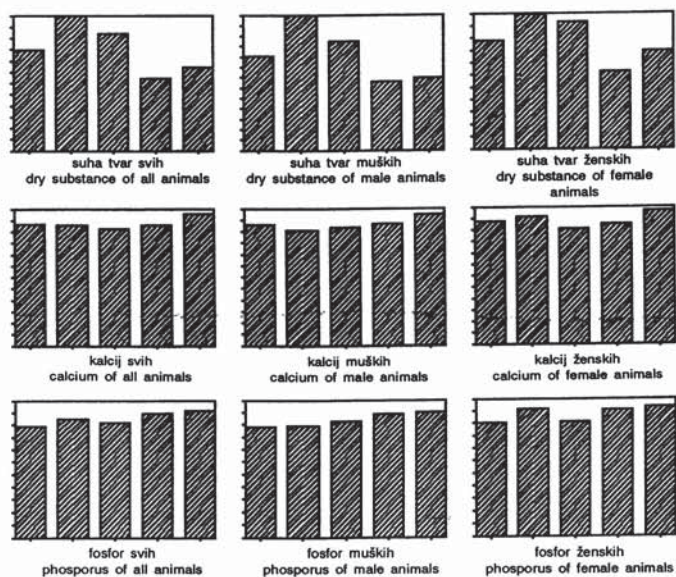
Slika 6 Rendgenogrami desnih 13. rebra svinja rednog broja od 1. do 10. (I. do III. skupina).

Figure 6 The X-ray picture of the XIII. right ribs of piglets No. 1.-No. 10. (group I. to group III.).

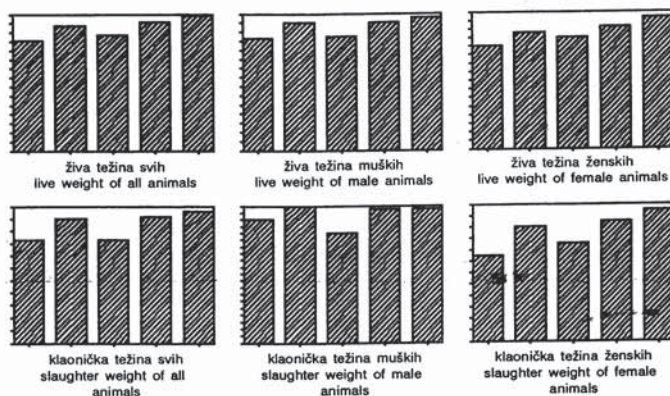


Slika 7 Rendgenogrami desnih 13. rebra svinja rednog broja od 11. do 20. (III. do V. skupina).

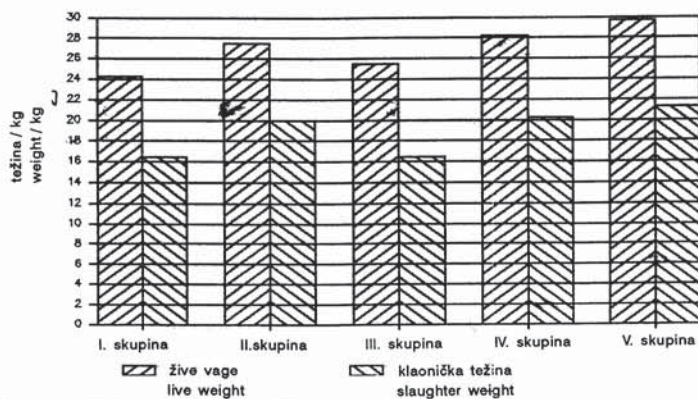
Figure 7 The x-ray picture of the XIII. right ribs of piglets No. 11. - No. 20. (group III. to group V.).



Slika 9 Relativni odnosi suhe tvari, kalcija i fosfora bedrene kosti pokusnih svinja. Lijevi stupac = I. skupina, desni stupac = V. skupina.
 Figure 9 The relative correlations of quantities of the dry substances, the calcium and the phosphorus of the femur of experimental piglets.
 The left column = group I., the right column = group V.



Slika 12 Relativni odnosi težina pokusnih svinja. Lijevi stupac = I. skupina, desni stupac = V. skupina.
 Figure 12 The relative correlations of weights (live and slaughter) of experimental piglets. The left column = group I., the right column = group V.



Slika 13 Usporedni prikaz konačnih stvarnih težina pokusnih svinja.
 Figure 13 The comparative relation of final absolute weights (live and slaughter) of experimental piglets.

Redni No. Experimental group	Ornaka broj svinja	Spol	Volume ^a	Duzina ^b	Prosjec. diameter of epiphysis ^c	Substance ^d	Ca mg/g	P mg/g	Total weight of animal ^e		
1.	I.	865817	m	80	126	164	4305	917,8	212,0	86,2	2318 kg
2.	I.	9793003	m	80	134	135,9	4638	918,5	210,0	89,6	2618 kg
3.	I.	296962	z	50	126	152	415,94,5	915,0	212,0	90,4	2415 kg
4.	I.	982097	z	70	129	132	4594	920,2	218,5	90,0	2475 kg
5.	II.	160191	m	65	123	155,9,5	4454,5	926,7	220,0	93,3	2820 kg
6.	II.	673120	m	90	147	174,5	5188,5	925,3	183,0	84,2	2820 kg
7.	II.	856418	z	60	129	174,5	4459,5,5	920,6	220,5	100,8	2821 kg
8.	II.	872910	z	90	136,5	155,9,5	4258,5	923,1	225,5	101,7	2619 kg
9.	III.	404048	m	80	134	145,9	4635,5	918,3	206,5	92,9	2516 kg
10.	III.	125386	m	70	132	135,9,5	4359,5	923,8	206,5	92,1	2516 kg
11.	III.	982312	z	90	126,5	155,9	4659,6,5	922,2	202,0	90,4	2617 kg
12.	III.	492141	z	80	134,5	155,9	4496	919,0	202,5	92,1	2617 kg
13.	IV.	865810	m	90	136	164	4696	918,6	218,5	100,0	2920 kg
14.	IV.	582942	m	70	138	145,9,5	5037	907,8	206,5	96,2	2719 kg
15.	IV.	186969	z	100	135	18,544	4397	911,8	207,0	98,7	3022 kg
16.	IV.	150104	z	90	149	145,9	47597	913,3	213,0	102,1	2720 kg
17.	V.	289373	m	70	131	164	45594,5	915,3	223,5	100,4	2818 kg
18.	V.	755220	m	100	137,5	173	4838	912,4	234,5	100,0	3021 kg
19.	V.	978802	z	90	141	195,94,5	4294	916,2	239,0	104,2	3124 kg
20.	V.	411158	z	90	138	124	4796	915,4	225,0	101,2	3022 kg

^a Volumen odlicene kosti izrazen u ml - the volume of cleaned bone in ml;
^b Maksimalna duzina izrazena u mm - the maximum length in mm;
^c Prosjecni promjer dijela komparativne tvari u mm - diameter/thickness of compar. substance in the middle of the diaphysis in mm;
^d Maksimalna sirina kosti, mjerena iznad najdebljije i najodlicnije odlicne površine duzina iznad trokuta femora i facije poplitea u mm - the maximum width of condylar/midline length between the trochlea and the popliteal surface in mm;
^e Zbroj vjezakonice rebara - five weight/hauncher weight

Tablica 1. Mjerenja izvršena na desnoj bedrenoj kosti (os femoris dextrum) pokusnih svinja
 Table 1. Measures of the right femur (os femoris dextrum) of experimental piglets

Redni No. Experimental group	Ornaka broj svinja	Spol	Volume ^a	Debljina ^b	Širina ^c	Substance ^d			
1.	I.	865817	m	6	4,5	6,0	907,9	163,2	77,2
2.	I.	9793003	m	6	4,5	6,0	918,2	160,5	77,0
3.	I.	296962	z	7	5,5	7,0	908,6	160,5	74,8
4.	I.	982097	z	4	4,0	6,0	916,0	185,6	85,9
5.	II.	160191	m	6	5,5	6,5	919,3	190,0	83,8
6.	II.	673120	m	6	5,0	7,5	918,5	219,5	99,5
7.	II.	856418	z	4	6,0	7,0	915,0	186,7	86,2
8.	II.	872910	z	5	5,5	6,5	907,2	165,8	76,4
9.	III.	404048	m	5	4,5	6,0	909,3	186,4	82,0
10.	III.	125386	m	5	5,0	5,5	920,8	183,0	77,9
11.	III.	982312	z	3	4,5	6,5	910,6	173,5	75,7
12.	III.	492141	z	5	5,5	7,5	918,7	183,7	86,9
13.	IV.	865810	m	5	5,0	7,0	918,2	191,5	87,8
14.	IV.	582942	m	6	5,5	6,5	912,6	181,1	78,7
15.	IV.	186969	z	5	6,0	8,5	919,9	195,5	77,5
16.	IV.	150104	z	5	5,0	6,0	901,9	182,5	82,4
17.	V.	289373	m	5	4,0	7,5	908,4	199,5	89,6
18.	V.	755220	m	6	5,0	7,0	916,1	190,0	83,8
19.	V.	978802	z	7	5,5	7,5	908,9	191,9	88,0
20.	V.	411158	z	6	6,0	7,0	919,9	198,0	88,3

^a Duzina iznad facie laterali et medialis izrazena u mm, mjereno u sredini kosti; ^b Debljina kosti u mm - distance in mm between lateral and medial surfaces in the middle of rib;
^c Širina iznad ungozice costalis et costulae izrazena u mm, mjereno u sredini kosti; ^d Debljina kosti u mm - distance in mm between anterior and posterior border in the middle of rib.

Tablica 2. Mjerenja izvršena na desnom 13. rebri (os costae XIII. dextrum) pokusnih svinja
 Table 2. Measures of the right XII rib (os costae XIII. dextrum) of experimental piglets

LITERATURA

1. Banks, W.J. (1981): Applied veterinary histology. Williams & Wilkins. Baltimore, London.
2. Dale, D.C., S.I. Roth, G. E. Garcia (1965): Effect of calcium on parathyroid secretion. *Endocrinology* 77, 725-730.
3. Jacobs, M.B. (1951): The chemical analysis of foods and foods products. D. Van Nostrand Co. Inc. Toronto, New York, London.
4. Guillemant, J., S. Guillemant (1991): Effects on calcium and phosphate metabolism and on parathyroid function of acute administration of tricalcium phosphate. *Bone* 12, 383-386.
5. Heughebaert, J-C., G. Montel (1982): Conversion of amorphous tricalcium phosphate preparations. *Calcif. Tissue Int.* 34, 103-108.
6. Lentz, T.L. (1971): Cell fine structure. An atlas of drawings of whole-cell structure. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto.
7. Molimard, R., J. Postec, C. Pautas, A. Bèguè, J. Carbonnier, B. Delabeye (1985): Absorption digestive de phosphates de calcium chez l'homme. *Presse Med.* 14, 2283-2286.
8. udrić, S., P. Božičković, Gabrijela Krivec, M. Šehić, Svjetlana Leskovar, Lidija Pavešić (1990): Istraživanje djelotvornosti trikalcijevog fosfata u usporedbi s dikalcijevim fosfatom u tovu pilića. *Krmiva* 32, 203-208.
9. Perkin-Elmer corporation (1964): Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Perkin-Elmer Co. Norwalk, Connecticut.
10. Posner, A.S. (1972): Crystal chemistry of bone mineral. *Physiol. Rev.* 49, 760-791.
11. Reiss, E., J.M. Canterbury, M.A. Bercovitz, E.L. Kaplan (1970): The role of phosphate in the secretion of parathyroid hormone in man. *J. Clin. Invest.* 49, 2146-2149.
12. Roberts, J.E., M. Heughebaert, J.C. Heughebaert, L.C. Bonar, M.J. Glimcher, R.G. Griffin (1991): Solid state ^{31}P NMR studies of the conversion of amorphous tricalcium phosphate to apatitic tricalcium phosphate. *Calcif. Tissue Int.* 49, 378-382.
13. Sheikh, M.S., C.A. Santa Ana, M.J. Nicar, L.R. Schiller, J.S. Fordtran (1987). Gastrointestinal absorption of calcium from milk and calcium salts. *N. Engl. J. Med.* 317, 532-536.
14. Termine, J.D. (1972): Mineral chemistry and skeletal biology. *Clin. Orthop.* 85, 207-241.
15. Vitti, D.M.S.S., A.L. Abdalla, J.C.S. Filho (1991): Avaliação da disponibilidade biológica do fósforo do fosfato bicalcico e de fosfatos de rocha para ovinos com uso do radiofósforo (^{32}P) como traçador. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília 26, 1113-1118.

SUMMARY

In the present experiment the effects on bone structure of dicalcium phosphate (known producer) and tricalcium phosphate («Kormophos», Fosfaty, Vorskresensk, Ukraine) as a feed additives for piglets was studied. During 54 days, that is during the growth of the average body weight 6 - 27 kg, the piglets were administered by above feed additives. Every groups were consisted of two male and two female experimental piglets. Control group (group I.) did not administrate any feed additive, and received a diet containing only 0.37% phosphorus of vegetable origin. Group II. received a diet containing 1% tricalcium phosphate. The experimental groups, III., IV. and V. were fed the diets containing 0.5%, 1% and 2% of tricalcium phosphate.

Results showed a parallel increase in mass and vigor of investigated bones, particular of the femur, increase of contents of calcium and phosphorus in bones and the increase administration of above feed additives. Biological value of tricalcium phosphate was a little higher in relation to dicalcium phosphate. The final weights (live weight and slaughter weight) of experimental piglets were increased parallel with increased administration of feed additives, too. The final weight of the piglets of group V. was the biggest, and the piglets of group I. was the lightest. None of investigated bones show any pathological changes.

One can conclude, the investigated tricalcium phosphate can be used as a source of calcium and phosphorus in swine feed, from economical point of view. It is recommended, before its widely use as a feed additive, to study its eventually side effect on reproduction and teratogenic, mutagenic and carcinogenic effects.