

## GENETSKI MARKERI KRVI U SELEKCIJI PROTIV STRES-SINDROMA U SVINJA I LOŠA KVALITETA MESA

Đ. Senčić

### Sažetak

Osim korisnih učinaka (veća mesnatost i bolja konformacija polovica), Hal<sup>n</sup> gen i negativno djeluje (slabija plodnost, sklonost stresu i iznenadnim uginućima, slabija kvaliteta mesa) uzrokujući štetu koja nadmašuje korisne učinke. Zavisno o selekcijskom cilju, selekcijska strategija može biti potpuno iskorjenjivanje Hal<sup>n</sup> gena iz populacije ili iskorištavanje prednosti heterozigotnog potomstva (Hal<sup>Nn</sup>) nastalog križanjem homozigotnih očeva (Hal<sup>nn</sup>) s homozigotnim majkama (Hal<sup>NN</sup>). S obzirom da se halotan-testom ne mogu otkriti heterozigotne životinje (Hal<sup>Nn</sup>), selekcijski ciljevi mogu se ostvariti samo kombiniranom primjenom halotan-testa i određivanjem tipa krvi, tj. genetskih markera. Genski lokus koji kontrolira reakciju svinja na halotan (Hal) nalazi se na istom kromosomu s genskim lokusom za sustav enzima fosfohekso-izomeraze (PHI), s lokusima za sustave krvnih grupa S i H, s lokusom za postalbumin-2 (PO2) te s lokusom za sustav enzima 6-fosfoglukodehidrogenaze (6-pGD). Elektroferezom i imunokemijskim metodama mogu se u krvi utvrditi proizvodi gena tijesno povezanih s Hal<sup>n</sup> genom, pri čemu ovi geni mogu poslužiti kao njegovi genetski markeri. Izbor gena-markera (alela) pri selekciji protiv Hal<sup>n</sup> gena, odnosno stres-sindroma i slabe kvalitete mesa, zavisan je o određenoj populaciji svinja.

Stres-sindrom u svinja (Porcine Stress Syndrome — PSS) i sve slabija kvaliteta svinjskog mesa, osnovni su problemi suvremenog svinjogojstva. U Republici Hrvatskoj navedenim se problemima, još uvijek, ne poklanja dovoljna pažnja, tako da je učestalost pojave stres-osjetljivih svinja i pojava defektnog mesa gotovo neispitana. Rezultati prvih istraživanja u nas (Senčić i sur. 1990.) pokazuju da je najmanja učestalost stres-osjetljivih svinja u populacijama velikog jorkšira (2,00—8,85%), a najveća kod njemačkog landrasa (23,65%). Stres-osjetljive svinje su mesnatije s boljom konformacijom polovica (Senčić i sur., 1988a; Kralik i sur., 1988.), daju meso slabije kvalitete s učestalijom pojavom BMV-sindroma (Senčić i sur., 1988b), imaju slabija reproduktivna obilježja (Webb i Jordan, 1978.; Baulain i Glodek, 1987.), neotpornije su i avitalnije, te češće iznenada ugibaju za vrijeme uzgoja, a osobito tijekom transporta. Navedena obilježja u tijesnoj su vezi s tzv. halotan-genom (Hal<sup>n</sup>) koji, prema tome, osim korisnih učinaka (veća mesnatost i bolja konformacija polovica) i negativno djeluje, uzrokujući velike financijske gubitke. Zbog toga, očevitna je neophodnost otkrivanja i izlučivanja iz rasploda stres-osjetljivih svinja, nositelja Hal<sup>n</sup> gena. Stres-osjetljive svinje mogu se otkriti pomoću nekoliko, više ili manje pouzdanih postupaka, a osobito: CK-testom (mjerenjem aktivnosti enzima kreatin-kinaze), halotan-testom i primjenom genetskih markera krvi (tipiziranjem krvi). Najrašireniji u svijetu je halotan-test, o kojem smo ranije izvijestili (Senčić i sur., 1988c). Međutim, halotan-testom ne mogu se otkriti heterozigotne

Mr. Đuro Senčić, znan. asistent — Poljoprivredni fakultet Osijek, Tenjska cesta bb.

(Hal<sup>nn</sup>) svinje koje su fenotipski halotan-negativne, ali su nositelji recesivnog Hal<sup>n</sup> gena. To onemogućava njegovo iskorjenjivanje iz populacije i postizanje potpune stres-rezistentnosti svinja.

Problem otkrivanja heterozigotnih svinja (Hal<sup>nn</sup>) riješen je nakon što je otkrivena genetska povezanost lokusa Hal s nekim drugim lokusima. Genski lokus koji kontrolira reakciju svinja na halotan (Hal) nalazi se na istom kromosomu s genskim lokusom za sustav krvne grupe H (Rasmussen i Christian, 1976.; Andresen, 1980.; Imlah, 1982.), s lokusom za sustav enzima fosfohekso izomeraze — PHI (Jørgensen i sur., 1976.; Guerin i sur., 1978.; Andresen i Jensen, 1980. i dr.), s lokusom za 6-fosfoglukodehidrogenazu — 6-PGD (Guerin, 1978.; Rasmussen i sur., 1980.; Guerin i sur., 1983.), s lokusom za sustav krvne grupe S (Vögeli i sur., 1983.) te s lokusom za postalbumin-2 — PO2 (Gahne i sur., 1983.). Vjerojatan redoslijed navedenih šest lokusa je: PHI, Hal, S, H, PO2, PGD (Juneja i sur., 1983.), iako neki rezultati ispitivanja pokazuju da bi redoslijed PHI i Hal trebao biti obrnut (Guerin i sur., 1982.).

Genski lokus PHI određuju dva kodominantna alela, PHI<sup>A</sup> i PHI<sup>B</sup>, pa prema tome postoje životinje s tri različita genotipa: PHI<sup>AA</sup>, PHI<sup>BB</sup> i PHI<sup>AB</sup>, odnosno s tri različite varijante PHI enzima eritrocita. Polimorfizam enzima PHI određuje se elektroforezom na škrobnom ili agaroznom gelu i specifičnim bojenjem elektroforezograma (Detter i sur., 1968.; Gahne i Juneja, 1985.).

Lokus Hal određen je jednim dominantnim i jednim recesivnim alelom, N i n. Svinje s genotipovima Hal<sup>NN</sup> i Hal<sup>Nn</sup> reagiraju pri udisanju halotana negativno (halotan-negativne, Hal<sup>-</sup> svinje), dok svinje genotipa Hal<sup>nn</sup> u pravilu pokazuju pozitivnu reakciju u obliku sindroma maligne hipertermije — MHS (halotan-pozitivne, Hal<sup>+</sup> svinje). Primarna uloga (produkt) lokusa Hal, koja bi omogućila efikasniju selekciju, još nije poznata.

Lokus krvne grupe S sastavljen je od dva alela, S i s, a daje genotipove SS, Ss i ss. Nažalost, kod ovog lokusa ne mogu se serološki razlikovati SS i Ss životinje.

H je višeelelni lokus krvne grupe. U literaturi se, uglavnom, razmatraju samo dva alela, H<sup>+</sup> i H<sup>-</sup>, pri čemu je H<sup>-</sup> složeni alel koji uključuje sve alele koji ne proizvode antigen krvne grupe H<sup>+</sup>.

Lokus za serum-protein postalbumin-2 (PO2) je pod kontrolom alela F i S, s tri genotipa: FF, FS i SS.

Slično lokusu PHI i lokus 6-PGD ima dva kodominantna alela, A i B, koji određuju elektroforetičke varijante enzima 6-fosfoglukodehidrogenaze.

Elektroforezom i imunokemijskim metodama mogu se u krvi utvrditi proizvodi gena tijesno povezanih s Hal<sup>n</sup> genom, pri čemu ovi geni mogu poslužiti kao njegovi genetski markeri. Genski lokusi koji su usko povezani s lokusom Hal, tzv. lokusi »markeri«, mogu se primijeniti u selekciji protiv gena Hal<sup>n</sup>, pa prema tome, i protiv stres-sindroma u svinja (PSS) i slabe kvalitete mesa (blijedog, mekog i vodnjikavog — BMV, odnosno tamnog, čvrstog i suhog — TČS mesa). Tako, npr., nakon što je otkrivena povezanost između sustava krvne grupe H i kvalitete mesa (Jensen, 1976.), u Danskoj je od 1976. do 1979. godine primjenjivana selekcija pomoću markera (Marker Assisted Selection — MAS) u cilju popravljivanja indeksa kvalitete mesa (tzv.

KK indeks). Kod svinja koje su imale H<sup>a</sup> krvnu grupu utvrđen je visoko značajan višak BMV-mesa, tako da je početni pristup bio eliminirati sve H<sup>a</sup>(+) svinje. To je dovelo do povećanja indeksa kvalitete mesa na zadovoljavajuću razinu, redukcije pojave BMV-sindroma i frekvencije Hal<sup>a</sup> gena kod danskog landrasa. Međutim, povezanost između H krvne grupe i kvalitete mesa je, u međuvremenu, nestala, te je u Danskoj 1979. godine opisana selekcija napuštena, a selekcija uz pomoć markera, sa ili bez testiranja halotanom, primjenjuje se samo kod problematičnih stada (Andresen, 1985.).

Selekcija pomoću markera (MAS) može se realizirati unutar porodica, u populaciji, ili na obje razine. Selekcija pomoću markera unutar porodica nije zavisna o prisustvu ili odsustvu neravnoteže spajanja, dok je MAS unutar populacija učinkovit samo onda ako je stupanj neravnoteže spajanja (Disekvilibrijum-D) značajno različit od nule. Zbog toga, traženje postojanja neravnoteže spajanja (D≠0) u populacijama svinja, gdje se javlja PSS, ima veliko značenje prije primjene MAS-a na razini populacije.

U više europskih zemalja (Švicarska, Finska, Švedska, Danska) već duže od deset godina nastojalo se kombiniranom primjenom halotan-testa i određivanjem tipa krvi smanjiti frekvenciju Hal<sup>a</sup> gena. Pri tome je selekcija svinja rezistentnih na stres počivala uglavnom na eliminiranju alela H<sup>a</sup>, PHI<sup>B</sup>, PO2<sup>a</sup> i S<sup>a</sup> koji se nalaze u genetskoj povezanosti s Hal<sup>a</sup> alelom. Za raspoznavanje halotan-genotipova može se primijeniti metoda haplotipiziranja. Ovom metodom određuju se haplotipovi lokusa Hal i povezanih lokusa markera (S, PHI, H, PO2, PGD) svake životinje. Haplotipovi roditelja određuju se iz halotan-fenotipova (rezultata halotan-testa) i fenotipova lokusa markera njihovih potomaka. U tu svrhu, potrebno je cijele porodice podvrgnuti halotanu i testirati s obzirom na tipove krvi tj. lokuse markere. Glavna prednost metode haplotipiziranja je što se potomcima iz parenja Nn × Nn, NN × Nn i NN × nn, nezavisno o tipu alela lokusa markera, može odrediti jedan od tri mogućih halotan-genotipova (NN, Nn i nn).

Vögeli i sur. (1988.) su metodom haplotipiziranja prognozirali halotan-genotipove švedskog landrasa. U prvoj populaciji (tzv. pozitivnoj liniji) primijenio se selekcijski indeks za popravljivanje obilježja tijekom deset generacija, tako da su se životinje odlikovale brzim rastom, malom konverzijom hrane i visokim postotkom mesa. Nerastovi i krmače druge populacije (negativne linije) koji su sa svojim potomstvom uključeni u ovo ispitivanje, kupljeni su tijekom 1985. i 1986. godine iz deset različitih selekcijskih centara. U pozitivnoj selekcijskoj liniji nalazili su se aleli S<sup>a</sup> kod 100% Hal<sup>a</sup>-haplotipova, PHI<sup>B</sup> kod 100%, H<sup>a</sup> kod 88%, PO2<sup>a</sup> kod 89% i PGD<sup>A</sup> kod 81%. Kod kupljenih svinja odgovarajuće postotne vrijednosti za S<sup>a</sup>, PHI<sup>B</sup>, H<sup>a</sup>, PO2<sup>a</sup> i PGD<sup>A</sup> alele su bile značajno niže i iznosile su 65%, 94%, 47% i 59%. Redukcija frekvencije Hal<sup>a</sup> gena u ovome stadiju može se ostvariti samo smanjenjem frekvencije PHI<sup>B</sup> gena.

Gahne i Juneja (1985.) su kombiniranom primjenom halotan-testa i tipiziranja krvi s obzirom na PHI, PO2 i PGD lokuse, sa 90—95% točnosti prognozirali halotan-genotipove kod švedskog landrasa i švedske plemenite svinje. Kod švedskog landrasa bili su prisutni aleli PHI<sup>B</sup>, PO2 i PGD<sup>A</sup> kod 93%, 59% i 38% Hal<sup>a</sup>-haplotipova, dok je kod švedske plemenite svinje 99% Hal<sup>a</sup>-haplotipova bilo kombinirano s PHI<sup>B</sup> alelom, 87% s PO2<sup>a</sup> i 95% s PGD<sup>A</sup>.

alelom. Čepica i sur. (1984.) su, pak, za prognoziranje halotan-genotipova svinja češkog landrasa upotrijebili S, H i PHI lokuse markere, uz točnost prognoze u 94% slučajeva.

Vögeli i sur. (1984.) utvrdili su, na temelju ispitivanja povezanosti između gena markera i reagiranja svinja na halotan, da je S'S' najbolji genotip-marker koji treba primjenjivati protiv Hal<sup>a</sup> gena u jednoj liniji švicarskog landrasa, jer mu je pripadala većina Hal<sup>+</sup> životinja.

Više autora (Ansary i Ollivier, 1978.; Guerin i sur., 1978.; Hanset i sur., 1983.) utvrdilo je kod pasmine pietren značajno veći postotak Hal<sup>-</sup> svinja unutar AB genotipa, nego unutar BB genotipa, pokazujući da je alel N lokusa Hal češće udružen s alelom B lokusa PHI. Međutim, između lokusa Hal i lokusa 6-PGD nije utvrđen ovakav odnos.

Jovanović i sur. (1989.) ispitivali su frekvenciju i distribuciju fenotipova polimorfnog sustava fosfohekso-izomeraze (PHI), u odnosu na rezultate halotan-testa, kod svinja nizozemskog landrasa. Utvrdili su značajno veću frekvenciju PHI<sup>A</sup> gena (0,37) kod halotan-negativnih životinja u odnosu na halotan-pozitivne (0,18). Učešće halotan-pozitivnih životinja u okviru PHI<sup>A</sup>, PHI<sup>BB</sup> i PHI<sup>AB</sup> fenotipova bilo je: 0,44 odnosno 22,5%.

Rezultati ispitivanja Teodorovića i sur. (1990.) pokazuju da u populacijama nizozemskog i njemačkog landrasa dominiraju homozigotne PHI<sup>BB</sup> životinje, dok je kod pasmine veliki jorkšir utvrđen veći broj heterozigota PHI<sup>AB</sup> od teoretski očekivanog (tablica 1).

Tab. 1. — Polimorfizam fosfohekso-izomeraze u populaciji jorkšira, nizozemskog i njemačkog landrasa

Pasmina	n	PHI genotip			Frekvencija gena	
		AA	BB	AB	PHI <sup>A</sup>	PHI <sup>B</sup>
Nizozemski landras	1072	67	478	527	0,30	0,70
Njemački landras	73	2	41	30	0,23	0,77
Veliki jorkšir	23	4	5	14	0,48	0,52
Ukupno	1168	73	524	571		

Frekvencija gena PHI<sup>A</sup> i PHI<sup>B</sup> u skladu su sa sklonošću ispitivanih pasmina svinja stresu. Poznato je da je frekvencija PHI<sup>A</sup> gena najniža u populacijama najosjetljivijih pasmina.

Za svinjogojstvo veliko značenje ima poznavanje eventualne povezanosti između pojedinih alela gena-markera i obilježja proizvodnosti svinja, o čemu, za sada, gotovo nema podataka u literaturi.

Teodorović i sur. (1990.) ispitivali su utjecaj tipa enzima fosfohekso-izomeraze (PHI) na neka obilježja proizvodnosti svinja nizozemskog

landrasa. U tu svrhu analizirali su 5212 legala, 1156 rezultata performans testa nerastova i nazimica i podatke za 965 tovljenika u odnosu na različit tip PHI enzima. Utvrdili su da su razlike u broju živorođene prasadi po leglu između krmača različitog PHI-genotipa minimalne. Genotip PHI<sup>AA</sup> imao je nešto veća legla, ali razlike nisu bile statistički značajne. I kod nerastića i kod nazimica ustanovljen je veći dnevni prirast kod genotipa PHI<sup>AA</sup> u odnosu na genotipove PHI<sup>AB</sup> i PHI<sup>BB</sup>, ali razlike, iako izražene, nisu bile statistički značajne. I s obzirom na sadržaj mesa u polovicama nisu utvrđene statistički značajne razlike između svinja različitih PHI-genotipova, iako najveća razlika u korist genotipa PHI<sup>BB</sup> iznosi 1%, što preračunato iznosi 0,46 kg mesa po tovljeniku. Nesignifikantnost razlika između ispitivanih PHI-genotipova u pogledu ispitivanih obilježja proizvodnosti, autori objašnjavaju neujednačenim brojem životinja po grupama. Autori su zaključili »... da se selekcijom svinja otpornih na stres (PHI<sup>AA</sup>-genotip) u stadu može očekivati povećanje veličine legla, mase prasadi i dnevnog prirasta u tovu, ali i povećanje debljine leđne slanine i smanjenje prinosa mesa u polovicama. Negativne posljedice mogu se izbjeći planskim stvaranjem heterozigotnih individua genotipa PHI<sup>AB</sup>«.

Na temelju svega prethodno izloženog, vidi se da bez obzira na selekcijsku strategiju, tj. da li se želi potpuno iskorjenjivanje iz populacije Hal<sup>n</sup> gena, ili iskorištavanje prednosti heterozigotnog potomstva (Hal<sup>Nn</sup>) križanjem homozigotnih životinja (Hal<sup>mm</sup>) iz linije oca s homozigotnim majkama (Hal<sup>NN</sup>), oba se cilja mogu ostvariti samo kombiniranom primjenom halotan-testa i određivanjem tipa krvi, tj. genetskih markera.

#### LITERATURA

1. Andresen, E. (1980): Association between susceptibility to the malignant hyperthermia syndrome (MHS) and H blood types in Danish Landrace pigs explained by linkage disequilibrium. *Livestock Prod. Sci.* 7, 162.
2. Andresen, E., Jensen, P., Jonsson, P. (1981): Population studies of PHI, Hal, H haplotype, frequencies and linkage disequilibria in Danish Landrace pigs. *Z. Tierzüchtg. Züchtgsbiol.*, 98, 45—54.
3. Andresen, E. (1985): Selection against PSS by means Blood typing. EES Seminar of the Evaluation of Meat Quality in Pigs. Dublin.
4. Ansay, M., Ollivier, L. (1978): Creatinine plasmatique et sensibilité du porc au syndrome d'hyperthermie maligne. Relations avec deux enzymes du globule rouge (PHI et 6-PGD). *Ann. Genet. Sel. Anim.*, 10, 9—16.
5. Baulain, V., Glodek, P. (1987): Beziehung zwischen Halothanreaction und Zuchtleistung bei Sauen verschiedener Populationen. *Züchtungskunde*, 59, 122—134.
6. Čepica, S., Hohny, J., Pazdera, J., Hradecky, J., Kralova, D. (1984): Determination of genotypes for Hal locus by means of simultaneous halothane testing and typing of linked marker loci. *Z. Tierzüchtungsbiol.*, 101, 291—297.
7. Detter, J. C., Way, P. O., Giblett, E. R., Baughan, M. A., Hopkinson, D. A., Povey, S., Harris, H. (1968): Inherited variations in human phosphohexose isomerase. *Ann. Hum. Genet.*, 31, 329—338.
8. Gahne, B., Juneja, R. K., Petterson, H. (1983): Genotypes at the locus for halothane sensitivity (Hal) in pigs revealed by Hal-linked genetic markers in blood. *Proc. 5th Internat. Conf. on Production Disease in Farm Animals*. Uppsala, Sweden, pp. 100—103.

9. Gahne, B., Juneja, R. K. (1985): Prediction of the halothane (Hal) genotypes of pigs by deducing Hal, Phi, PO2, PGD haplotypes of parents and offspring: results from a large-scale practice in Swedish breeds. *Anim. Blood Groups Biochem. Genet.*, 16, 265—283.
10. Guerin, B., Ollivier, L., Sellier, P. (1978): Desequilibries de linkage entre les locus Hal (Hyperthermie maligne) PHI et 6-PGD dans deux lignees Pietrain. *Ann. Genet. Sel. Anim.*, 10, 125—129.
11. Guerin, G., Ollivier, L., Sellier, P. (1982): Segregation study of Hal, Phi, 6-Pgd in the pig. Abstract. 28 Internat. Conf. Anim. Blood-groups and Biochem. Polymorphismus, Ottawa, Canada.
12. Guerin, G., Ollivier, L., Sellier, P. (1983): Etude de groupe de liaison Hal, PHI, et PGD chez le porc: disposition relative des trois locus et estimation des taux de recombinaison. *Genet. Sel. Evol.*, 15, 55—64.
13. Hanset, R., Leroy, P., Michaux, C., Kintaba, K. N. (1983): The Hal locus in the Belgian Pietrain pig breed. *Z. Tierzüchtg. Züchtungsbiol.* 2, 123—133.
14. Imlah, P. (1982): Linkage studies between the halothane (Hal) phosphohexose isomerase (PHI) and the S (A-S) and H red blood cell loci of Pietrain, Hampshire and Landrace pigs. *Anim. Blood Groups. Biochem. Genet.* 13, 245—262.
15. Jensen, P., Staun, H., Nielsen, P. B., Moustgard, J. (1976): Undersogelse over sammenhangen mellem blodtypesystem Hog points for kodfarve hos svin. *Medd. Statens Husdyrbrugsforsog*, No. 83.
16. Jovanović, S., Nikolić, P., Gagrčin, M., Marković, Z. (1989): Frekvencija gena i distribucija genotipova fosfoheksa-izomeraze (PHI) u odnosu na rezultate halotan-testa kod svinja. *Vet. stanica*, 43, 309—311.
17. Jörgensen, P. E., Hyldgaard, J., Eikelenboom, G., Moustgard, J. (1976): Meat quality, halothane sensitivity and blood parameters. *Proceedings of the Third International Conference on Production Disease in Farm Animals*. Wageningen.
18. Juneja, R. K., Gahne, B., Edforde-Lilja, I., Andresen, E. (1983): Genetic variation at a pig serum locus, PO2 and its assignment to the Phi, Hal, S, H, Pgd linkage group. *Animal Blood Groups Biochem. Genet.*, 14, 27—36.
19. Kralik, Gordana, Senčić, Đ., Petričević, A., Komendanović, Vesna, Maltar, Zlata (1988): Komparativni prikaz proizvodnih osobina halotan-positivnih i halotan-negativnih svinja. *Zbornik radova Poljoprivrednog fakulteta, Novi Sad*, 16, 125—132.
20. Rasmusen, B. A., Christian, L. L. (1976): H Blood Types in Pigs as Predictors of Stress Susceptibility. *Science*, 191, 947—948.
21. Rasmusen, B. A., Beece, C. K., Christian, L. L. (1980): Halothane sensitivity and linkage of genes for H red cell antigens, phosphohexose isomerase (PHI) and 6-phosphogluconate dehydrogenase (6-PGD) variants in pigs. *Anim. Blood Groups Biochem. Genet.*, 11, 93—107.
22. Senčić, Đ., Kralik, Gordana, Gajić, Ž., Gutzmirtl, Draženka, Šiškić, I. (1988a): Utjecaj stres-osjetljivosti na kvalitetu polovica tovnih svinja. *Tehnologija mesa*, 5, 147—152.
23. Senčić, Đ., Kralik, Gordana, Petričević, A., Maltar, Zlata (1988b): Kvalitativne osobine mišićnog tkiva stres-osjetljivih i stres-rezistentnih svinja. *Tehnologija mesa*, 4, 106—110.
24. Senčić, Đ., Kralik, Gordana, Potočnjak, M. (1988c): Značaj halotan testa pri selekciji svinja. *Stočarstvo*, 5—6, 195—203.
25. Senčić, Đ., Gajić, Ž., Kralik, Gordana, Gutzmirtl, Draženka (1990): Sklonost svinja stres-sindromu kod nekih mesnatih pasmina i njihovih križanaca. *Stočarstvo*, 1—2, 27—31.
26. Teodorović, M., Jovanović, S., Vidović, V., Gagrčin, M., Dragić, Hilda, Srećković, Dagmara, Maki-Tanila, A., Mesaroš, P., Sremac, M.

- (1990): Rezultati ispitivanja uticaja tipa enzima fosfohekso izomeraze (PHI) na neka proizvodna svojstva svinja. Zbornik radova X skupa svinjogojaca Jugoslavije, 257—261, Pančevo.
27. Vögeli, P., Gerwig, C., Schneebeli, H. (1983): The A-O and blood group systems and halothane sensitivity of two divergent lines of landrace pigs using index selection procedures. *Livest. Prod. Sci.*, 10, 159.
  28. Vögeli, P., Stranzinger, G., Schneebeli, H., Hagger, C., Kunzin, Gerwig, C. (1984): Relationships between the H and A-O blood type phosphohexose isomerase and 6-phosphogluconate dehydrogenase red cell enzyme systems and halothane sensitivity, and economic traits in a superior and a inferior selection line of Swiss Landrace pigs. *J. Anim. Sci.*, 59, 1440—1450.
  29. Vögeli, P., Kuhne, R., Gerwig, C., Kaufmann, A., Wysshaar, M., Stranzinger, G. (1988): Bestimmung des Halothangenotyps (Hal) mit Hilfe der S, PHI, HAL, H, PO2, PGD, Halotypen von Eltern und Nackommen beim Schweizeische Verdelten Landschwein. *Züchtungskunde*, 60, 1, 24—37.
  30. Webb, A. J., Jordan, C. H. (1978): Halothane sensitivity as a field test for stress-susceptibility in the pig. *Anim. Prod.*, 26, 157—168.

Primljeno: 4. 10. 1991.