

GENETSKA RAZNOLIKOST HRVATSKIH AUTOHTONIH PASMINA SVINJA

Dora Ceranac, Z. Luković, D. Škorput

Sažetak

Cilj rada bio je opisati genetsku strukturu te parametre genetske raznolikosti autohtonih pasmina svinja Hrvatske temeljem dosadašnjih podataka u dostupnoj literaturi. Očuvanju genetske raznolikosti autohtonih pasmina se posljednjih desetljeća pridaje sve veća pozornost jer predstavljaju kulturno i genetsko nasljeđe te zbog svoje otpornosti na bolesti i prilagodljivosti različitim uvjetima mogu imati važnu ulogu u popravljaju konstitucijskih svojstava hibrida i plemenitih pasmina. Povećana uporaba hibridnih linija i plemenitih pasmina u uzgoju i proizvodnji rezultirala je smanjenjem populacija izvornih pasmina te promjenom njihove genetske strukture. Kao posljedica navedenog, populacije izvornih pasmina imaju vrlo visoku stopu uzgoja u srodstvu, nisku genetsku raznolikost te vrlo često u ovakvim populacijama dolazi do procesa „uskog grla“. U cilju održavanja genetske raznolikosti hrvatskih autohtonih pasmina svinja potrebno je provoditi plansko sparivanje uz kontrolu podrijetla, praćenje održive stope uzgoja u srodstvu te provoditi selekciju s optimiziranim doprinosom u uzgojnim programima.

Cljučne riječi: Svinje, autohtone pasmine, genetska raznolikost

Uvod

Očuvanje genetskih resursa u stočarskoj proizvodnji zasniva se na očuvanju genetske raznolikosti populacija, te postizanju održivosti u upravljanju pasminama. Upravo je održiva upotreba životinja lokalnih i autohtonih pasmina konačan cilj konzervacijskih programa (Barker, 2001.). Kako bi se navedeni cilj postigao, potrebno je utvrditi rizike koji mogu negativno utjecati na genetsku raznolikost populacija, te definirati uzgojne programe s uzgojnim ciljem koji će uzgajivačima omogućiti profitabilnost proizvodnje, te na taj način utjecati na njihovu motiviranost za uzgoj svinja autohtonih pasmina i posljedično povećanje broja jedinki. Iako se suvremena svinjogojska proizvodnja posljednjih desetljeća temelji na nekoliko plemenitih pasmina, svijest o vrijednosti lokalnih i autohtonih pasmina kao bogatog kulturološkog nasljeđa, ali i vrijednih genetskih resursa, omogućila je revitalizaciju brojnih pasmina koje su bile na rubu nestanka. Provedbe projekata revitalizacije pojedinih pasmina doprinijele su i povećanju broja pasmina u svijetu koji se s 566 pasmina 2007. godine (FAO, 2007.) povećao na oko 650 pasmina 2015. godine (FAO, 2015.). Neke pasmine, poput iberijske svinje u Španjolskoj, danas su potpuno očuvane, te je njihov sustavni i planski uzgoj doveo do njihove široke prepoznatljivosti u svjetskim okvirima.

Izvorne pasmine svinja Hrvatske svrstavaju se u kategoriju masnog (turopoljska) ili kombiniranog (crna slavonska svinja i banijska šara svinja) tipa zbog različitog načina sinteze masti i mesa u trupu. Autohtone pasmine imaju nižu plodnost, manji broj prasadi u leglu te slabije izražena točna svojstva u odnosu na visoko proizvodne pasmine. Međutim, odlika autohtonih

Dora Ceranac, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, doc.dr.sc. Dubravko Škorput, dopisni autor, e-mail: dskorput@agr.hr, Prof.dr.sc. Zoran Luković, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za specijalno stočarstvo, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska.

pasmina svinja je visoka kvaliteta mesa te veliki potencijal za proizvodnju suhomesnatih proizvoda s dodanom vrijednošću, njihova otpornost na bolesti, prilagodljivost različitim klimatskim i hranidbenim uvjetima te potencijalno važna uloga u popravljaju konstitucijskih svojstava plemenitih pasmina i hibrida (Čandek-Potokar i sur., 2019).

Lokalne i autohtone pasmine domaćih životinja, pa tako i svinja, izložene su gubitku genetske raznolikosti. Iako su gubitku genetske raznolikosti češće izložene manje populacije, takav rizik postoji i kod većih populacija plemenitih pasmina svinja (Welsh i sur., 2010.; Melka i Schenkel, 2010.). Visok stupanj uzgoja u srodstvu neminovno uzrokuje pojavu depresije svojstava (eng. „inbreeding depression“). Depresija svojstava uslijed uzgoja u srodstvu je narušavanje proizvodnih, reprodukcijских i zdravstvenih aspekata jedinki u populaciji. Međutim, uzgoj u srodstvu u kontroliranim i planiranim uvjetima može imati i pozitivne učinke u obliku povećanja uniformnosti populacije kao i jako rijetku pojavu poboljšanih svojstava, takva se pojava zove „inbreeding enhancement“ (Köck i sur., 2009.).

Ukupna varijabilnost fenotipskih svojstva izražava se kroz varijancu, a genetska varijabilnost predstavlja dio varijance koja je uvjetovana genetskom osnovom (Wooliams i Toro, 2007.). Broj alela prisutnih u populaciji označava mjeru genetske raznolikosti, a frekvencija u kojoj se ti aleli javljaju u populaciji utječe na razinu genetske raznolikosti. Povećanjem frekvencije različitih alela u populaciji raste i genetska raznolikost. Poznavanje odnosa između životinja, praćenjem njihovih rodovnika, omogućuje upravljanje genetskom raznolikošću unutar populacije. Za procjenu genetske raznolikosti se osim rodovnika primjenjuju i molekularne metode, najčešće mikrosateliti te SNP (eng. „single nucleotide polymorphism“) markeri, kojima se napredak, odnosno potrebne korekcije u populaciji mogu provesti brže i preciznije nego uporabom nepotpunih rodovnika. U uspostavljanju uzgojnog programa za pojedinu pasminu, pa tako i u svrhu očuvanja autohtonih pasmina, primarni zadatak je definiranje uzgojnog cilja, praćenje fenotipa te porijekla svinja. Budući da je varijabilnost temelj selekcije, poznavanje genetske raznolikosti omogućuje selekciju superiornijih jedinki za uzgoj, a provođenjem nadzora u svrhu očuvanja genetske raznolikosti unutar populacije, postoji mogućnost za postizanje održivog uzgojnog programa autohtonih pasmina.

Cilj ovog rada je bio je prikazati genetsku strukturu unutar populacija autohtonih pasmina svinja u Hrvatskoj temeljem dostupne literature te ukazati na važnost očuvanja njihove genetske raznolikosti kao vrijedne komponente u proizvodnji i uzgoju svinja.

Stanje genetske raznolikosti hrvatskih autohtonih pasmina svinja

Danas su u Republici Hrvatskoj registrirane tri autohtone pasmine svinja: turopoljska svinja, crna slavonska svinja, te banijska šara svinja. Tijekom druge polovice 20. stoljeća u Republici Hrvatskoj autohtone pasmine zamijenjene su visoko proizvodnim pasminama. Navedeno je rezultiralo drastičnim smanjenjem veličine populacija autohtonih pasmina te je došlo do pojave procesa uskog grla unutar populacija (Lukić i sur., 2015.). Male veličine populacija uvjetuju pojavu visokog koeficijenta uzgoja u srodstvu i smanjenog fitnessa jedinki unutar populacije. S obzirom da lokalne pasmine svinja predstavljaju ekonomsku i genetsku vrijednost kao i kulturno nasljeđe, očuvanje njihove genetske raznolikosti i praćenje njihove genetske strukture od iznimne je važnosti za provedbu uzgojnih programa u budućnosti. Za opisivanje genetske

strukture i varijabilnosti navedenih populacija koriste se podatci iz rodovnika te informacije zasnovane na DNK (genetski markeri). Prema Čandek-Potokar i sur. (2019.) očuvanje autohtonih pasmina svinja se temelji na očuvanju njihove genetske raznolikosti te bi se razina uzgoja u srodstvu unutar takvih populacija trebala svesti na minimum u svrhu očuvanja njihove genetske varijabilnosti.

Genetska struktura crne slavonske pasmine svinja

Crna slavonska pasmina svinja bila je popularna u uzgoju na području Hrvatske do sredine 20. stoljeća, no uvozom visokoproduktivnih pasmina broj svinja ove pasmine se postupno smanjivao. Crna slavonska svinja se i danas uzgaja s gotovo nepromijenjenim svojstvima, na malim gospodarstvima u ekstenzivnim sustavima proizvodnje (Margeta i sur., 2019.). Zamjenom crne slavonske pasmine svinja visoko produktivnim pasminama u uzgoju i proizvodnji došlo je do drastičnog smanjenja populacije ove pasmine te je 1996. bilo registrirano 60 krmača i 5 nerasta na deset farmi u Republici Hrvatskoj (Uremović i sur., 2001.). Preostala grla ove pasmine su označena i registrirana te je iste godine pokrenut program očuvanja crne slavonske pasmine svinja. Kao rezultat provedbe programa očuvanja i državnih poticaja, veličina populacije crne slavonske svinje se povećala te se u 2018. godini sastojala od 2 262 krmače i 201 nerasta (Ministarstvo poljoprivrede, 2019.).

Jedna od prvih analiza genetske strukture crne slavonske svinje koju su proveli Bradić i sur. (2007.) koristeći mikrosatelitne markere ukazuje na vrlo visok broj homozigota te nizak broj heterozigotnih jedinki unutar populacije crne slavonske svinje što upućuje na uzgoj u srodstvu. Također, utvrđeno je da populacija uvelike odstupa od Hardy-Weinbergove ravnoteže na tri lokusa, što je moguća posljedica visokog uzgoja u srodstvu, selekcije i strukturiranja populacije. Također, autori su utvrdili da demografska struktura crne slavonske pasmine ukazuje da su uzgajivači ove pasmine parili jedinke prirodnim putem. Koeficijent uzgoja u srodstvu u populaciji iz mikrosatelitnih markera (F_{is}) za populaciju crne slavonske pasmine iznosio je 0,216 što ukazuje na vrlo visoku stopu uzgoja u srodstvu. S obzirom da unutar populacije ove pasmine u početnim godinama revitalizacije nije bilo organizirano plansko sparivanje, došlo je pojave visoke stope uzgoja u srodstvu.

Gvozdanović i sur. (2018.) analizom mikrosatelitnih markera utvrdili su indeks fiksacije populacije 0,116 što ukazuje na povećanu stopu uzgoja u srodstvu. Prema istim autorima populacija crne slavonske pasmine svinja nije genetski uniformna već se sastoji od nekoliko različitih genetskih klastera kao posljedica križanja crne slavonske pasmine s uvezenim pasminama te se razdvaja u dva klastera od kojih jedan predstavlja križance crne slavonske pasmine s uvezenim pasminama, a drugi čistu pasminu. Zaključak dobiven navedenim istraživanjima ukazuje na nedostatak heterozigotnih jedinki i smanjenu bioraznolikost populacije crne slavonske svinje.

Muñoz i sur. (2019.) utvrdili su vrijednost prosječne heterozigotnosti (H_o) 0,248 i očekivane heterozigotnosti (H_E) 0,259 u populaciji crne slavonske svinje koristeći informacije SNP markera. Utvrđen je nizak prosječan broj alela unutar lokusa što također ukazuje na nizak stupanj genetske varijabilnosti crne slavonske pasmine svinja. Barker (1994.) navodi da broj mikrosatelitnih alela po lokusu ne bi trebao biti manji od 4, a prosječna opažena vrijednost heterozigotnosti u populaciji mora biti u granicama od 0,3 i 0,8. Primjeren genetski menadžment te razvoj shema

parenja bi omogućio razvoj kvalitetnih rasplodnih svinja za genetsko poboljšanje ove pasmine te smanjio stupanj uzgoja u srodstvu. Lukić i sur. (2020.) navode da je koeficijent uzgoja u srodstvu baziran na analizi SNP markera, odnosno dužine homozigotnih segmenata, iznosio ($F_{ROH>4Mb} = 0,098$ i $F_{ROH>8Mb} = 0,074$), te je bio niži nego u turopoljske svinje ($F_{ROH>4Mb} = 0,400$ i $F_{ROH>8Mb} = 0,332$), ukazujući na uspješnu strategiju sparivanja jedinki u populaciji.

Procjenu genetske strukture crne slavonske svinje na temelju rodovnika proveli su Lukić i sur. (2015.). Prema istraživanju, prosječan koeficijent srodstva iznosio je 3,2%, a veličina efektivne populacije izračunata preko broja roditelja 189,2. Gvozdanić i sur. (2020.) utvrdili su temeljem analize rodovnika koeficijent srodstva od 3,26% i efektivnu veličinu populacije od 23,58 temeljem promjene stope uzgoja u srodstvu analizom rodovnika. Preporuka Organizacije za poljoprivredu i hranu Ujedinjenih naroda (FAO, 2000.) je da efektivna veličina populacije ne bi trebala biti manja od 50, a vrijednosti stope uzgoja u srodstvu bi trebale biti manje od 1% po generaciji, što upućuje na nisku genetsku raznolikost crne slavonske svinje. Za usporedbu, vrijednost koeficijenta srodstva talijanske pasmine Nero di Parma iznosi 0,28 (Mariani i sur., 2020.) što je niža vrijednost u usporedbi s crnom slavonskom pasminom. S obzirom da je crna slavonska svinja danas najbrojnija pasmina svinja u Hrvatskoj, te na prepoznatljivost crne slavonske svinje i njezinih proizvoda na tržištu, a time i visoku motiviranost uzgajivača, uz dodatne napore u sustavu sparivanja i identifikacije grla moguć je značajan napredak u očuvanje genetske raznolikosti.

Genetska struktura turopoljske pasmine svinja

Turopoljska pasmina je najstarija autohtona pasmina svinja na području Republike Hrvatske. Ova pasmina je do 1950. godine bila vrlo raširena u uzgoju i proizvodnji kontinentalnog dijela Hrvatske te je činila 20% ukupnog broja svinja Republike Hrvatske (Harcet i sur., 2006.). No, zbog promjene sustava proizvodnje i uvoza visoko proizvodnih pasmina broj jedinki turopoljske svinje se drastično smanjio te je svrstana u kategoriju kritično ugroženih pasmina. Populacija turopoljske svinje je sredinom 20. stoljeća prošla kroz proces uskog grla. Zbog navedenih razloga 1996. godine uvrštena je u Nacionalni program očuvanja izvornih i zaštićenih pasmina domaćih životinja u Republici Hrvatskoj (Hrvatska poljoprivredna agencija, 2014.) sa 12 krmača i 3 nerasta (Đikić i sur., 2003.). Danas populacija turopoljske svinje broji 22 nerasta i 148 krmača (Ministarstvo poljoprivrede, 2019.), što je još uvijek drastično nizak broj. Turopoljska pasmina svinja se također uzgaja i u Austriji te populacija broji oko 300 grla. Ova pasmina se dijeli u dva genetička klastera od kojih jedan predstavlja hrvatsku genetsku zalihu s područja Turopoljskog Luga te hrvatsku podpopulaciju na području Lonjskog polja kod koje je prisutan konstantan protok gena životinja s područja Turopoljskog Luga. Drugi klaster predstavlja genetsku zalihu s područja Posavine koja je prisutna među populacijama turopoljskih svinja koje se uzgajaju u Austriji (Druml i sur., 2012.).

Rezultati genetskih analiza turopoljske pasmine svinja u usporedbi s europskim i kineskim pasminama ukazuju na nisku genetsku raznolikost unutar populacije turopoljske svinje. Harcet i sur. (2006.), koristeći mikrosatelitne markere za analizu genetske raznolikosti turopoljske svinje, navode da se vrijednosti opažene heterozigotnosti kreću od 0,086-0,571 što ukazuje na nisku genetsku raznolikost. Prema Druml i sur. (2012.) genetska raznolikost turopoljske pasmine je

drastično niska prema vrijednostima opažene heterozigotnosti koje se kreću od 0,38-0,57. Niske prosječne vrijednosti genetske raznolikosti (heterozigotnost i broj alela po lokusu) opažene su u sve 3 promatrane populacije turopoljske svinje. U promatranoj populaciji turopoljske pasmine s područja Lonjskog polja se nalazi više heterozigotnih životinja nego što je očekivano, iako je indeks fiksacije populacije značajno niži od nule, što može biti posljedica uzgojne povijesti ove populacije. Naime, nukleus stadom ove populacije gospodari kolektiv poljoprivrednika te trenutno, iako je populacija podijeljena na dva stada, uzgajivači koriste jednog te su nekada koristili dva nerasta za reprodukciju što je rezultiralo visokom genetskom i fenotipskom uniformnošću te vrlo visokim stupnjem parenja u srodstvu.

Prema Gvozdanović i sur. (2018.), vrijednost koeficijenta uzgoja u srodstvu populacije turopoljske svinje (F_{is}) iznosila je 0,105. Također, na nisku genetsku raznolikost ukazuju niske vrijednosti opažene heterozigotnosti (0,35) i prosječnog broja alela (2,7). Analizirajući genetsku raznolikost koristeći SNP markere, Muñoz i sur. (2019.) utvrdili su vrijednosti opažene heterozigotnosti turopoljske pasmine 0,195 što upućuje na povećanu stopu uzgoja u srodstvu. Vrijednosti opažene heterozigotnosti turopoljske pasmine niže su u usporedbi s ostalim pasminama uključenim u analizu, poput krškopoljske pasmine (0,363), lasaste mangulice (0,257) ili Moravke (0,348). Lukić i sur. (2020.) utvrdili su visok stupanj uzgoja u srodstvu u populaciji turopoljske svinje analizom dužine homozigotnih segmenata koristeći SNP markere ($F_{ROH > 4 Mb} = 0,400$ i $F_{ROH > 8 Mb} = 0,332$).

Zaključak navedenih istraživanja je da je genetska raznolikost turopoljske pasmine niska u usporedbi s većinom pasmina svinja, te da postoji potreba za uvođenjem shema sparivanja i programa očuvanja genetske raznolikosti ove pasmine. Trenutni motiv uzgoja turopoljske svinje je prevladavajući motiv očuvanja ove pasmine njezina kulturna i povijesna važnost, no komercijalna upotreba turopoljske svinje bi svakako pridonijela očuvanju ove pasmine i povećanju genetske raznolikosti.

Genetska struktura banijske šare pasmine svinja

Banijska šara pasmina svinja nastala je u 19. stoljeću te je bila rasprostranjena na širokom području srednje Hrvatske, a zbog dobrih uzgojnih svojstava bila je tražena i u krškim područjima te na jugu Hrvatske (Ozimec, 2011.). Banijska šara pasmina svinja je 2018. godine priznata te uvrštena na Popis pasmina, sojeva i hibrida domaćih životinja koje se uzgajaju u Republici Hrvatskoj te je također uvrštena na Popis izvornih i zaštićenih pasmina i sojeva domaćih životinja u Republici Hrvatskoj 2018. godine (Ministarstvo poljoprivrede, 2018.). Priznanju ove pasmine je doprinijelo i provođenje Projekta revitalizacije banijske šare pasmine svinja (Salajpal i sur., 2017.). Danas populacija banijske šare svinje broji 28 nerasta i 96 krmača (Ministarstvo poljoprivrede, 2019.).

Škorput i sur. (2018.) navode da je koeficijent uzgoja u srodstvu dobiven analizom mikrosatelitnih markera (5,6%) viši u odnosu na koeficijent uzgoja u srodstvu dobiven analizom rodoznika koji iznosi 3,68%. Nastala razlika se pripisuje nedovoljnoj cjelovitosti podrijetla. Utvrđene vrijednosti usporedive su s koeficijentima uzgoja u srodstvu u populacijama lasaste (3,29%), bijele (3,86%) i crvene (5,02%) mangulice (Posta i sur., 2006.). Mjere koje opisuju gubitak genetske raznolikosti u populaciji su prosječna srodnost između jedinki te promjena

koeficijenta uzgoja u srodstvu po generaciji. Kako je rodovnik postajao cjelovitiji obje navedene mjere su ukazale na povećanje stope uzgoja u srodstvu. Isti autori navode da je prosječna srodnost u populaciji iznosi 9,32% što je viša vrijednost u odnosu na prosječnu srodnost u sličnih pasmina, primjerice krškopoljske svinje (5%) (Malovrh i sur., 2012.). Efektivni broj začetnika je 9 što upućuje na nisku genetsku raznolikost unutar populacije, dok je efektivna veličina populacije iznosila 28,21. Niske efektivne veličine populacija karakteristične su za autohtone pasmine, te su usporedive s drugim europskim pasminama, poput talijanske autohtone Nero di Parma pasmine (7,68), Cinta Senese (40,32) i Mora Romagnola (10,87) Corvetti i sur. (2013.). Prosječna opažena heterozigotnost banijske šare svinje iznosila je 0,585, a broj alela po lokusu 5,913 što ukazuje na prisutnost genetske raznolikosti analiziranog uzorka (Škorput i sur., 2018). Šalomon i sur. (2018.) također navode da je opažena heterozigotnost banijske šare svinje 0,58. Na temelju analize mikrosatelita populacija banijske šare svinje pokazuje veću genetsku raznolikost te se razlikuje od geografski bliskih populacija, primjerice turopoljske svinje. U kombinaciji s podacima iz rodovnika analiza genetskih markera upućuje na povoljnu genetsku raznolikost banijske šare svinje. Banijska šara svinja najmlađa je registrirana izvorna pasmina u Hrvatskoj, te se na temelju do sada dostupnih rezultata može zaključiti da je genetska raznolikost pasmine na zadovoljavajućoj razini. Kako bi se potaknula samoodrživost pasmine, potrebno je poduzeti korake koji će omogućiti identifikaciju pripadnosti grla pasmini, provoditi plan sparivanja koji će istovremeno omogućiti genetski napredak u ekonomski važnim svojstvima (selekcija s optimiziranim doprinosima) i spriječiti značajno povećanje uzgoja u srodstvu.

Zaključak

Populacije autohtonih pasmina svinja Republike Hrvatske karakterizira relativno niska genetska raznolikost, koja se očituje kroz visoke stopa uzgoja u srodstvu te male efektivne veličine populacija. Turopoljska svinja ima najnižu genetsku raznolikost, dok je u najpovoljnijem položaju crna slavonska pasmina svinja, kako zbog svoje brojnosti, tako i zbog prepoznatljivosti njenih proizvoda na tržištu. Trenutni uzgojni programi sve tri autohtone pasmine predviđaju ciljne sheme sparivanja s ciljem očuvanja genetske raznolikosti. Najbolji način za očuvanje genetske raznolikosti je ekonomski održiv način uzgoja svinja autohtonih pasmina, koji će motivirati uzgajivače na povećanje broja svinja i time pomoći očuvanju pasmina, pri čemu ključnu ulogu neće igrati državni poticaji, već ekonomski interes uzgajivača i prerađivača.

LITERATURA

1. Barker J.S.F. (1994.): A global protocol for determining genetic distances among domestic livestock breeds. Proceedings of the 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Guelph and Ontario, Canada, 21:501-508.
2. Barker J.S.F. (2001.): Conservation and management of genetic diversity: A domestic animal perspective. Canadian Journal of Forest Research, 31(4):588-595.
3. Bradić M., M., Uremović, Z. Uremović, B. Mioč., M. Konjačić, Z. Luković, T. Safner (2007.): Microsatellite analysis of the genetic diversity in the black slavian pig. Acta Veterinaria, 57(2-3):209-215.
4. Croveti, A., F. Sitreri, C. Pugliese, O. Franci, R. Bozzi (2013.): Pedigree analysis of Cinta Senese i Mora Romagnola breeds. Acta Agriculturae Slovenica, Suppl. 4.:41-44.

5. Čandek-Potokar, M., L. Fontanesi, B. Lebret, J.M. Gil, C. Ovilo, R. Nieto, A. Fernandez, C. Pugliese, M. Oliver, R. Bozzi (2019): Introductory chapter: Concept and ambition of project Treasure. In: European pig breeds: diversity and performance. A study of Project Treasure. IntechOpen, London, Ujedinjeno Kraljevstvo.
6. Druml T., K. Salajpal, M. Đikić, M. Urošević, G. Grilz-Seger, R. Baumman (2012.): Genetic diversity, population structure and subdivision of local Balkan pig breeds in Austria, Croatia, Serbia and Bosnia-Herzegovina and its practical value in conservation programs. *Genetics Selection Evaluation*, 44(5):1-8.
7. Đikić M., I. Jurić, S. Mužić, Z. Janječić (2003.): Carcass composition of Turopolje pig, the autochthonous Croatian breed. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 68(4):249–254.
8. FAO (2000.): Secondary guidelines for development of national farm animal genetic resources management plans: Management of small populations at risk. UN Food and Agriculture Organisation.
9. FAO (2007.): The state of the world's animal genetic resources for food and agriculture: Status of animal genetic resources. UN Food and Agriculture Organisation.
10. FAO (2015.): The second report on the state of the world's animal genetic resources for food and agriculture in brief. UN Food and Agriculture Organisation.
11. Gvozdanić K., V. Margeta, P. Margeta, I. Djurkin Kušec, D. Galović, P. Dovč, G. Kušec (2018.): Genetic diversity of autochthonous pig breeds analyzed by microsatellite markers and mitochondrial DNA D-loop sequence polymorphism. *Animal Biotechnology*, 30, 242-251.
12. Gvozdanić, K., D. Škorput, I. Djurkin Kušec, K. Salajpal, G. Kušec, G. (2020): Estimation of population differentiation using pedigree and molecular data in Black Slavonian pig. *Acta Fytotechnica et zootechnica*, 23(1):241-249.
13. Hrcet M., M. Đikić, V. Gamulin (2006.): Low Genetic Diversity of the Turopolje Pig Breed. *Food Technology and Biotechnology*, 44(1):105-109.
14. Hrvatska poljoprivredna agencija (2014.): Svinjogojstvo. Godišnje izvješće za 2013. godinu. Zagreb.
15. Köck A., B. Fürst-Waltl, R. Baumung (2009.): Effects of inbreeding on number of piglets born total, born alive and weaned in Austrian Large White and Landrace pigs. *Archiv Tierzucht*, 52(1):51-64.
16. Lukić B., A. Smetko, Ž. Mahnet, V. Klišanić, M. Špehar, N. Raguž, G. Kušec (2015.): Population genetic structure of autochthonous Black Slavonian Pig. *Poljoprivreda*, 21(1):28-32.
17. Lukić, B., M. Ferenčaković, D. Šalamon, M. Čačić. V. Orehovalčki, L. Iacolina, I. Čurik, V. Čubrić-Čurik (2020.): Conservation Genomic Analysis of the Croatian Indigenous Black Slavonian and Turopolje Pig Breeds. *Frontiers in genetics*, 11:261.
18. Malovrh, Š., M. Planinc, M. Kovač (2012.): Genetic structure of Krškopolje pig based on pedigree data. *Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéennes*; 101:75-79.
19. Margeta, V., K. Gvozdanić, G. Kušec, I. Djurkin Kušec, N. Batorek-Lukač (2019.): Black Slavonian pig. In: European pig breeds: diversity and performance. A study of Project Treasure, IntechOpen, London, Ujedinjeno Kraljevstvo.
20. Mariani, E., A. Summer, M. Ablondi, A. Sabbioni (2020.): Genetic Variability and Management in Nero di Parma Swine Breed to Preserve Local Diversity. *Animals (Basel)* 10(3):538.
21. Melka, M.G., F. Schenkel, (2010.): Analysis of genetic diversity in four Canadian swine breeds using pedigree data, *Canadian Journal of Animal Science*, 90(3):331-340.
22. Ministarstvo poljoprivrede (2018.): Godišnje izvješće o stanju uzgoja svinja u Republici Hrvatskoj za 2017. godinu. Zagreb.

23. Ministarstvo poljoprivrede (2019.): Godišnje izvješće o stanju uzgoja svinja u Republici Hrvatskoj za 2018. godinu. Zagreb.
24. Muñoz, M., R. Bozzi, J. Garcia-Casco, Y. Núñez, A. Ribani, O. Franci, F. García, M. Škrlep, G. Schiavo, S. Bovo, V.J. Utzeri, R. Charneca, J.M. Martins, R. Quintanilla, J. Tibau, V. Margeta, I. Djurkin-Kušec, M.J. Mercat, J. Riquet, J. Estellé, C. Zimmer, V. Razmaite, J.P. Araujo, Č. Radović, R. Savić, D. Karolyi, M. Gallo, M. Čandek-Potokar, A.I. Fernández, L. Fontanesi, C.Óvilo (2019.): Genomic diversity, linkage disequilibrium and selection signature sin European local pig breeds assessed with high density SNP chip. *Scientific reports*, 9(1):13546.
25. Ozimec R. (2011.): Crno-šara banovinska svinja. U: Zelena knjiga izvornih pasmina hrvatske (Ozimec R., Marković D., Jeremić J.). Ministarstvo zaštite okoliša i prirode. Državni zavod za zaštitu prirode. Hrvatska poljoprivredna agencija. Nacionalni park Krka. Republika Hrvatska, Zagreb.
26. Posta, J., P. Szabó, I. Komlósi (2006.): Pedigree analysis of Mangalica pig breeds. *Annals of Animal Science*, 16(3):701-709.
27. Salajpal, K., S. Menčik, D. Šalamon, D. Karolyi, V. Klišanić, Ž. Mahnet, D. Škorput, Z. Luković (2017.): Revitalizacija uzgoja banijske šare svinje. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
28. Šalamon D., P. Margeta, V. Klišanić, S. Menčik, D. Karolyi, Ž. Mahnet, D. Škorput, K. Salajpal (2018.): Prelimilarno istraživanje genetske raznolikosti populacije banijske šare svinje mikrosatelitskim biljezi-ma. 53rd Croatian and International Symposium on Agriculture. Vodice, Croatia, 223-224.
29. Škorput D., K. Gvozdanić, V. Klišanić, S. Menčik, D. Karolyi, P. Margeta, G. Kušec, I. Djurkin Kušec, Z. Luković, K. Salajpal (2018.): Genetic diversity in Banija spotted pig: pedigree and microsatellite analyses. *Journal of Central European Agriculture*, 19(4):871-876.
30. Uremović M., Z. Uremović, Z. Luković (2001.): The situation in autochthonous Black Slavonian breed of pigs. *Proceedings Biodiversity in Livestock Production in Croatia*. Croatian Academy of Sciences and Arts, Scientific Council for Agriculture and Forestry, Zagreb, Croatia 123-129.
31. Welsh, C.S., T.S. Stewart, C.S. Schwab, H.D. Blackburn (2010.): Pedigree analysis of 5 swine breeds in the United States and the implications for genetic conservation, *Journal of Animal Science*, 85 (5):1610-1618.
32. Wooliams, J., M. Toro (2007.): What is genetic diversity? In: *Utilisation and conservation of farm animal genetic resources*. Wageningen Publishers, Wageningen, Netherlands.

GENETIC DIVERSITY OF CROATIAN AUTOCHTHONOUS PIG BREEDS

Summary

The purpose of the study was to show the genetic structure and diversity parameters of Croatian autochthonous pig breeds based on available literature data. The preservation of genetic diversity of autochthonous breeds has recently been increasingly emphasized due to their cultural and genetic importance. Their resistance to disease and their adaptability to different conditions can play an important role in the improvement of constitutive characteristics of hybrid and noble pig breeds. The increased use of hybrids and modern breeds in breeding and production resulted in a decrease in the populations of autochthonous breeds and a change in their genetic structure. As a consequence, the population of autochthonous breeds has a very high rate of inbreeding, low genetic diversity and very often in these populations there is a bottleneck process. In order to maintain genetic diversity of Croatian autochthonous pig breeds, it is necessary to carry out planned breeding with control of origin, monitor sustainable inbreeding rate and carry out optimum contribution selection in breeding programmes.

Keywords: Pigs, autochthonous breeds, genetic diversity

Primljeno: 14.01.2021.
Prihvaćeno: 18.01.2021.