

Nerastovsko svojstvo - mogućnosti i rješenja u uzgoju svinja

Boar taint – possibilities and solutions in pig production

**Lukić, B., Cimerman, E., Raguž, N., Djurkin Kušec, I., Rowe, S.,
Kušec, G.**

Poljoprivreda/Agriculture

ISSN: 1848-8080 (Online)

ISSN: 1330-7142 (Print)

<http://dx.doi.org/10.18047/poljo.22.2.9>



Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Poljoprivredni institut Osijek

Faculty of Agriculture in Osijek, Agricultural Institute Osijek

NERASTOVSKO SVOJSTVO - MOGUĆNOSTI I RJEŠENJA U UZGOJU SVINJA

Lukić, B.⁽¹⁾, Cimerman, E.⁽²⁾, Raguž, N.⁽¹⁾, Djurkin Kušec, I.⁽¹⁾, Rowe, S.⁽³⁾, Kušec, G.⁽¹⁾

Pregledni znanstveni članak
Scientific review

SAŽETAK

Kastracija muških svinja dugi je niz godina uobičajena zootehnička mjera koja se primjenjuje radi izbjegavanja nerastovskoga svojstva ili neugodnoga mirisa mesa spolno zrelih muških svinja. Međutim, u posljednjih desetak godina, svjetske udruge za zaštitu i dobrobit životinja kritiziraju kastriranje životinja u intenzivnome stočarskome uzgoju, stoga se u mnogim zemljama kastracija mora izvoditi uz primjenu anestetika te na bezbolniji i manje stresan način. Također, proizvodnju nerasta, pored nastanka nerastovskoga svojstva, prate važne prednosti i nedostaci, zbog kojih je takav način proizvodnje potrebno detaljnije istražiti. Glavni spojevi koji se nakupljaju u masnome tkivu, a smatraju se odgovornim za spomenuti neugodan miris i okus mesa nerasta, su androstenon i skatol. U ovome preglednome radu bit će izloženi fiziološki i zootehnički aspekti nastanka nepoželjnoga nerastovskoga svojstva i mogućnosti njegovoga suzbijanja u Republici Hrvatskoj.

Ključne riječi: nerast, nerastovsko svojstvo, kastracija, meso, androstenon, skatol

UVOD

Nerastovsko svojstvo (Ritz, 1996.) ili neugodan miris mesa po nerastu (engl. Boar taint) pojava je neugodnoga mirisa i okusa mesa spolno zrelih muških svinja. U stočarskom uzgoju, kastracija muških svinja dugi je niz godina uobičajena zootehnička mjera koja se primjenjuje radi izbjegavanja te nepoželjne pojave. Pored preventivnoga djelovanja na pojavu nerastovskoga svojstva, kastriranjem su životinje smirenije i manje agresivne te se njihovo ponašanje lakše kontrolira. S druge, pak, strane, kastriranjem muških životinja nepovoljno se djeluje na neka važna proizvodna svojstva, kao što su dnevni prirast, konverzija hrane i mesnatost polovica (Fowler i sur., 1981.; Bonneau i Squires, 2004.), što se da objasniti s nemogućnošću sinteze spolnih hormona zbog odstranjivanja spolnih žlijezda. Uz navedene nedostatke proizvodnje kastriranih mužjaka, svjetske udruge za zaštitu i dobrobit životinja kritiziraju kastriranje životinja u intenzivnome stočarskome uzgoju u posljednjih desetak godina, stoga se u mnogim zemljama kastracija mora izvoditi uz primjenu anestetika te na bezbolniji i manje stresan način.

Kastracija se kao jednostavna i učinkovita praksa i dalje primjenjuje u većini europskih zemalja, ali, s

obzirom na naputke Europske komisije, ta se praksa mijenja. U nekim se zemljama, primjerice Norveškoj, kastracija primjenjuje uz korištenje analgetika, jer od 2002. godine zakoni tako propisuju. U Nizozemskoj također, gdje je korištenje analgetika obvezno u ekstenzivnome sustavu držanja od 2007. godine (Fredriksen i sur., 2009.). Dodatni pritisak javlja se sa strane tržišta mesa, primjerice supermarketa u Nizozemskoj, koji su odlučili ne prodavati meso porijeklom od kastrata. Istu su praksu počeli primjenjivati pojedini supermarketi u Njemačkoj, Belgiji te Francuskoj, gdje je vidljiv značajan porast prodaje mesa porijeklom od nerasta.

Glavni spojevi koji se nakupljaju u masnome tkivu, a smatraju se odgovornim za spomenuti neugodan miris i okus mesa nerasta, su androstenon i skatol (Robic i sur., 2008.). Androstenon je steroidni hormon proizveden u testisima početkom spolne zrelosti, koji uzrokuje neugodan miris mesa, poput urina. Skatol je

(1) Dr. sc. Boris Lukić (blukic@pfos.hr), doc. dr. sc. Ivona Djurkin Kušec, doc. dr. sc. Nikola Raguž, prof. dr. sc. Goran Kušec - Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d, 31000 Osijek, Hrvatska, (2) Emilija Cimerman, dipl. ing. - Savjetodavna služba, Vinkovačka 63 c, Osijek, (3) Ph.D. Suzanne Rowe - AgResearch, Department of Reproduction and Genomics Invermay Agricultural Centre, Private Bag 50034, Puddle Alley, Mosgiel 9053, New Zealand

kemijska tvar proizvedena od aminokiseline triptofana radom bakterija u debelome crijevu i uzrokuje miris fekalija. Ta dva kemijska spoja zajednički doprinose neugodnome mirisu i okusu koji se oslobađa tijekom kuhanja mesa (Babol i sur., 1999.).

U posljednjih 10-ak godina, ta je problematika zauzela dominantno mjesto u znanstvenoj i stručnoj literaturi s mnogo objavljenih istraživanja o različitim pristupima u izbjegavanju toga svojstva. Obavljena su razna istraživanja koja se bave utvrđivanjem odgovornih gena i QTL-ova na kemijske komponente i njihovu fiziologiju, ranom detekcijom neugodnoga mirisa brzim analitičkim metodama te senzornim evaluacijama, imunokastracijom prasadi, hranidbom te istraživanjima praga prihvatljivosti potrošača na razine kemijskih tvari u mesu i utjecaja na kvalitetu mesa.

U Republici Hrvatskoj zakonsku regulativu vezanu uz problem nerastovskoga svojstva predstavljaju akti koji uređuju provođenje kastracije, odnosno Zakon o zaštiti životinja (NN135/06, 37/13, 125/13) te Pravilnik o minimalnim uvjetima za zaštitu svinja (NN119/10). Navedena regulativa dopušta primjenu kastriranja mladih nerastića ukoliko ih provode, u zootehničke svrhe, veterinari ili osposobljene osobe, sukladno pravilima.

Prema Europskoj deklaraciji o kastraciji svinja (European Declaration on alternatives to surgical castration of pigs, 2011.), prvi korak u suzbijanju prakse kastracije započeo je 1.1.2012., koji nalaže izvođenje kastracije uz primjenu analgetika ili drugih sredstava protiv bolova. Drugi korak nalaže da se praksa kastriranja mladih nerastića u potpunosti napusti od 1.1.2018. u zemljama članicama Europske unije.

PREDNOSTI I NEDOSTATCI PROIZVODNJE NERASTA TOVLJENIKA

Prednosti proizvodnje nerasta

Prednosti vezane uz proizvodnju nerasta (Meat and Livestock Commission, 1989.; Babol i Squires, 1995.; Bonneau i Squires, 2004.) uglavnom se odnose na poboljšanu konverziju hrane (do 9%) u odnosu na kastrate, više priraste (do 14%) i višu mesnatost polovica (do 20%). Prema tome, takav je način uzgoja svinja, pored dobiti, opravdan i s ekonomskoga gledišta. Neke studije procjenjuju (de Lange i Squires, 1995.) da se uzgojem nekastriranih muških svinja očekuje porast profita od 5 \$ po tovljeniku, odnosno porast profitabilnosti svinjogojске proizvodnje do čak 30% (Lin i sur., 2006.). Takvi rezultati mogu uvelike doprinijeti uspješnosti svjetske proizvodnje svinjskoga mesa, koja je u 2014. godini iznosila 117,3 milijuna tona (FAO Biannual report on global food markets, 2015.), uz i dalje očekivane poraste u nadolazećem razdoblju.

Nadalje, uz proizvodna svojstva nerasti imaju izmijenjena i svojstva kvalitete mesa. Oko 5% niži udjeli masnoga tkiva (Babol i Squires, 1995.) s više nezasićenih masnih kiselina te značajan porast udjela mišićnoga tkiva mogu biti prihvatljiviji potrošačima te promatrani

kao prednost (EFSA Report, 2004). S druge strane, meso s vrlo malim udjelom masnoga tkiva predstavlja problem prerađivačima mesa, jer je određeni dio masti u preradi neophodan te takvu mast nerasta opisuju kao „previše tekuću“ (Bonneau i sur., 1979.; Wood i Enser, 1982.). Također, zbog manjeg udjela masti, moguća je i osjetno tvrđa tekstura mesa te se dodatno pogoršava već prisutan problem manjka masti proizašloga radi intenzivne selekcije prema udjelu mesa.

Nedostatci proizvodnje nerasta

Problemi u takvome tipu proizvodnje nastaju tijekom završne faze tova i najviše se tiču agresivnoga ponašanja i „tuče“ životinja (Bonneau i Squires, 2004.). Kada nerasti dostignu spolnu zrelost, postaju agresivni, što često rezultira pojavom masnica, kožnih ogrebotina, a ponekad i TČS (tvrdo, čvrsto i suho; od engl. DFD – Dark Firm Dry) te BMV mesom (blijedo, mekano, vodnjikavo; od engl. PSE – Pale Soft Exudative) (Andersson i sur., 2003.). Pojava TČS i BMV mesa nerasta nije česta, što potvrđuju mnoga istraživanja (Babol i Squires, 1995.), no sugerira se dodatna pozornost pri grupiranju životinja na farmama, bez čestih miješanja s drugim skupinama te manipulaciji životinjama prije klanja, kao i pri samome klanju. Također, u tovu je preporuka odvojiti životinje prema spolu, pogotovo ako je klanje planirano pri višim završnim masama (Xue i Dial, 1997.). Drugi nedostatak proizvodnje nerasta je smanjeni randman do 2,5%, koji se objašnjava prisutnim spolnim organima u ukupnom udjelu žive mase (Sather i sur., 1992.).

KEMIJSKE KOMPONENTE I UZROCI POJAVE NERASTOVSKOGA SVOJSTVA

Androstenon

Glavni kemijski spoj koji se smatra odgovornim za spomenuti neugodan miris i okus mesa nerasta je androstenon ili 5 α -androst-16-en-ol. Androstenon je steroidni hormon proizveden u muškim spolnim žlijezdama (testisima) od početka spolne zrelosti, koji uzrokuje neugodan miris i okus mesa, poput urina. Kao i drugi steroidi, sintetizira se iz kolesterola preko progesterona, a zatim skladišti u masnome tkivu. Metabolizam androstenona dijeli se na prvu fazu hidrogeniranja te drugu fazu sulfokonjugacije (Doran i sur., 2004.). Prekomjerno akumuliranje androstenona u masnome tkivu nastaje početkom spolne zrelosti, zbog porasta njegove sinteze u testisima (Claus i sur., 1994.). S druge strane, visoke razine androstenona mogu se pripisati i njegovoj smanjenoj razgradnji u jetri ili umanjenoj metabolizmu testisa. Spolna zrelost kod svinja započinje u dobi 5-6 mjeseci, stoga će razine androstenona u masnome tkivu svinja u tovu pri masama 100–130 kg značajno porasti (Brennan, 1986.). Prihvatljive koncentracije androstenona u masnome tkivu iznose manje od 0,5-1,0 μ g/g (Claus i sur., 1994.). Razine androstenona i drugih steroida također se mjere i u plazmi, no najprije zbog utvrđivanja spolne zrelosti, a ne nerastovskoga svojstva, s obzirom na to da spolno

zreli nerasti mogu imati niske razine nakupljenog androstenona u masnome tkivu, a istovremeno i normalne razine steroida u plazmi (Bonneau i sur., 1987.).

Nadalje, istraživanja su o osjetljivosti ljudi prema androstenonu utvrdila značajan genetski utjecaj (Wysocki i Beauchamp, 1984.), prema kojima 50% ljudi nije u stanju osjetiti androstenon (Xue i Dial, 1997.; Blanch i sur., 2012.). U nekim je studijama utvrđeno da 15% ljudi čak preferira takav miris i okus, dok je za 35% ljudi iznimno neugodan (Xue i Dial, 1997.). Također, značajan utjecaj predstavlja spol i porijeklo ispitivanih ljudi. Žene su, općenito, osjetljivije na androstenon te ga svega 24% žena ne može osjetiti, u odnosu na 46% muškaraca (Xue i Dial, 1997.). Ti su odnosi uvelike pod utjecajem porijekla, općenito u Ujedinjenome Kraljevstvu ljudi su manje osjetljivi na nerastovsko svojstvo u odnosu na druge europske zemlje (Bonneau i sur., 2000.). U SAD-u je utvrđena nešto viša osjetljivost u odnosu na Europu, približno jednaka u azijskim zemljama (Gilbert and Wysocki, 1987.).

Skatol

Skatol ili 3-metil indol, nastaje radom crijevnih bakterija te uzrokuje miris fekalija ili naftalena (Squires i Bonneau, 2004.). Nastaje kao derivat triptofana, primarno pod utjecajem metabolizma. Kod čovjeka i nekih domaćih životinja, koza i goveda, djeluje kao pneumotoksin, dok, za razliku kod svinja, osjetljivost na skatol nije utvrđena (Robic i sur., 2008.). Kod svinja je fiziološka funkcija skatola nepoznata, a, s obzirom na to da ne pokazuju osjetljivost, pretpostavlja se da je metabolizam skatola kod svinja specifičan (Yost, 1989.). Metabolizam možemo podijeliti u dvije faze, odnosno aktivaciju enzima iz grupe citkroma P450 te sulfokonjugaciju (Robic i sur., 2008.). U prvoj fazi, ključnu ulogu metabolizma skatola obavlja jetreni citokrom P450. To je skupina enzima mono-oksigenaza koji se nalaze u jetri, čija je glavna uloga oksidacija organskih spojeva, odnosno razgradnja lipida, steroidnih hormona, ksenobiotika te drugih toksičnih spojeva (Nelson i sur., 1996.). Ksenobiotici (od grč. Xenos = strani) su strane tvari u organizmu, koji se u određenim dijelovima stanice nalaze u suvišku ili na mjestima gdje ih ne bi trebalo biti u normalnim uvjetima. To su, najčešće, spojevi poput etanola, acetona, piridina, itd. Dok je androstenon karakterističan za muške svinje, skatol se proizvodi i kod ženskih svinja. Razlog zašto se nakuplja više u masnome tkivu nerasta u vremenu spolne zrelosti u odnosu na nazimice danas je i dalje nejasan (Squires i Bonneau, 2004.). Prihvatljive razine koncentracija skatola u masnome tkivu smatraju se $<0,25 \mu\text{g/g}$ (Mortensen i sur., 1986.). Za razliku od androstenona, gdje postoji neosjetljivost ili tzv. anosmia u određenih skupina ljudi, iz opsežnoga međunarodnoga istraživanja (Bonneau i sur., 2000.) o osjetljivosti ljudi prema nerastovskome svojstvu, utvrđena je visoka osjetljivost svih ljudi na skatol, stoga je preporuka da prioritet bude snižavanje razine skatola.

Genomska selekcija kao dugoročno rješenje

Između ta dva kemijska spoja, skatola i androstenona, postoji pozitivna genetska korelacija i utvrđen je visoki heritabilitet, što predstavlja snažnu osnovu za provođenje selekcije. Međutim, klasični ili konvencionalni pristup selekcije, koji se temelji na procjeni genetskih parametara pomoću pedigrea, ne pokazuje uspješne rezultate u slučaju svojstava mjerljivih jedino nakon klanja, u kasnijoj fazi života životinje ili ako su vezana za samo jedan spol (Meuwissen, 2003.; Ibanez-Escriche i Gonzalez-Recio 2011.). Zbog tih razloga, primjeri selekcije protiv nerastovskoga svojstva završili su bezuspješno još tijekom osamdesetih godina prošloga stoljeća.

U poljoprivrednoj proizvodnji, selekcija pomoću genetskih markera ili MAS (od engl. Marker Assisted Selection) (Gvozdanović i sur., 2015.) najčešće koristi samo genetske markere sa snažnim utjecajem na svojstvo (Meuwissen, 2003.) od interesa. No, s obzirom na to da su svojstva od interesa u stočarskom uzgoju najčešće kvantitativnoga karaktera, prema tome i pod kontrolom velikoga broja gena sa slabim utjecajem na svojstvo, predložen je drugačiji pristup, koji koristi informacije rasprostranjene na cijelome genomu, a zove se genomska selekcija (Meuwissen i sur., 2001.; Dekkers, 2004.). Primjeri uspješnih primjena genomske selekcije u uzgojnim programima goveda i ovaca poznati su u SAD-u, Kanadi, UK-u, Nizozemskoj, Australiji i Novome Zelandu (Van Raden 2009.; Spelman i sur., 2010.; Duchemin i sur., 2012.) te u uzgojnim programima svinja i peradi (Wang i sur., 2013.; Wellman i sur., 2013.).

Nerastovsko je svojstvo specifično po svojim ograničenjima. Mjerljivo je jedino nakon klanja, karakteristično je samo na muškim životinjama, dok androstenon prate pozitivne genetske korelacije s reproduktivnim svojstvima. Genomska je selekcija, dugoročno promatrano, najprihvatljivije rješenje u suzbijanju toga nepoželjnoga svojstva, iako, zbog navedenih ograničenja, predstavlja veliki izazov znanstvenicima i uzgajivačima. Uz postojeća saznanja i otkrivanje novih genetskih markera i QTL-ova s primjenom u genomskoj selekciji, u skoroj se budućnosti mogu očekivati rješenja u praksi (Rowe i sur., 2014.; de Campos i sur., 2015.; Lukić i sur., 2015.).

DRUGI PRISTUPI U SUZBIJANJU NERASTOVSKOGA SVOJSTVA

Klanje životinja prije spolne zrelosti

Klanjem životinja prije spolne zrelosti željeni se rezultati mogu ostvariti samo djelomično, zbog malih završnih masa tovljenika, što rezultira umanjenom ekonomskom dobiti (Bonneau i Squires, 2004.). Osim toga, upitno je i kolika može biti najmanja moguća masa te starost da bi se zadovoljili pragovi prihvatljivosti. Primjeri takve prakse mogu se pronaći u Ujedinjenome Kraljevstvu i Irskoj (Fredriksen i sur., 2009.). Nadalje, kod toga pristupa važno je napomenuti da vrijeme početka spolne zrelosti značajno varira između pasmina, što su pokazali rezultati

brojnih istraživanja (Zamaratskaia i sur., 2009.). Aldal i sur. (2003.) utvrdili su da na nerastima križanaca Noroc (križanci nastali križanjem landrasa, jorkšira i duroka), zaklanih pri masi 75 kg ili 110 dana starosti, 20-30% nerasta ne bi prošlo granice prihvatljivosti za androstenon i skatol u masnome tkivu, iz čega se može zaključiti da taj pristup nije u potpunosti učinkovito rješenje.

Imunokastracija

Imunokastracija jedna je od mogućnosti u kojoj se cijepjenjem životinja stimulira sinteza protutijela protiv gonadotropnoga otpuštajućega hormona (engl. GnRH), što rezultira zakočenom funkcijom testisa i proizvodnjom spolnih hormona (Dunshea i sur., 2001.). Ta se metoda koristi u Australiji i Novome Zelandu od 1998., a službeno je odobrena u Švicarskoj od 2008. godine te, nakon toga, u cijeloj Europskoj uniji 2009. godine (Gisppert i sur., 2010.). Na taj se način izbjegava sinteza androstenona i miris mesa po nerastu općenito (Škrlep i sur., 2012.), no taj pristup nije prihvaćen u većini svjetskih zemalja iz nekoliko praktičnih razloga: cijepjenje se mora provesti dva puta za života nerasta, što je, ujedno, viši financijski trošak (1,4 €/životinja); zatim je potreban dodatan nadzor na liniji klanja onih životinja kojima cijepjenje nije dalo učinka te je ostavljena mogućnost da radnici, zbog nastanka problema tijekom cijepjenja, mogu postati sterilni. Uz sve navedeno, percepcija potrošača u tome slučaju nije prihvatljiva, jer smatraju takvo meso neadekvatnim za prehranu ljudi (de Roest i sur., 2009.).

Hranidba i druge mogućnosti

U istraživanjima o utjecaju hranidbe na nerastovsko svojstvo, uglavnom se podrazumijeva djelovanje na razine skatola, koji se sintetizira iz aminokiseline triptofana djelovanjem bakterija u crijevima. Utvrđeni su značajni utjecaji režima hranidbe, tj. da su svinje hranjene *ad libitum* češće pokazivale više razine skatola od svinja hranjenih restriktivnim režimom (Xue i Dial, 1997.). Osim toga, dodaci u hranidbenoj smjesi, poput sirovoga škroba krumpira te korijena cikorije tijekom zadnjega tjedna tova, pokazali su značajno smanjenje razina skatola u masnome tkivu (Rideout i sur., 2004.; Hansen i sur., 2006.). Uspješne rezultate dodatkom korijena cikorije od 5% u hranidbenu smjesu utvrdili su Zammerini i sur. (2012.) sa značajno smanjenim razinama skatola. Nadalje, s dodatkom od 9% utvrdili su smanjenje razina skatola na razine ekvivalentne kastratima, što predstavlja veliki potencijal u izbjegavanju toga svojstva. S druge strane, pak, poseban naglasak dali na dodatni trošak od 3£ po svinji, što otežava moguću primjenu toga pristupa u praksi.

Brze metode detekcije na bazi kolorimetrije (Mortensen i Sørensen, 1984.) koriste se na linijama klanja, primjerice u Danskoj. Međutim, nedostatak je te metode što mjeri samo skatol. Od ostalih brzih metoda spominje se i metoda plinske detekcije pomoću „elektronskoga nosa“ (od engl. Electronic nose), test „grijanjem“ (od engl. Hot wire) te test „kuhanjem“ (od

engl. Cooking test), koje, iz određenih nedostataka ili postojeće neusklađenosti, nisu primjenjivane u praksi.

Od drugih praktičnih metoda koje se mogu izdvojiti je slučaj kada je meso namijenjeno za daljnju preradu u mesne proizvode. Takav je pristup pokazao zadovoljavajuće rezultate, jer tijekom termičkoga zagrijavanja mesa androstenon i skatol, kao hlapivi spojevi, hlape i gube intenzitet (Pearson i sur., 1971.; Bonneau i sur., 1992.). Nadalje, postoji mogućnost maskiranja neugodnoga mirisa i okusa gotovih proizvoda s dodatkom začina ili dimljenjem, no za te su utjecaje istraživanja pokazala uspješna (Aaslyng i sur., 2015.; Martinez i sur., 2016.) te neuspješna (Tørngren i sur., 2011.) primjere u praksi. Stoga se, ovisno o tipu proizvoda i načinu proizvodnje, sugerira provesti dodatna istraživanja. Također, zbog drugačijega kemijskoga sastava mesa i masti nerasta, mogući su negativni utjecaji na teksturu i oksidaciju finalnih proizvoda (Coral i sur., 2016.). Uz adekvatnu ranu detekciju androstenona i skatola u klaonicama, te su mogućnosti moguće i provedive prakse u mesnoj industriji i mini preradama mesa.

U literaturi se još spominje i „seksiranje“ sperme, kao potencijalno rješenje. Tim bi se postupkom moglo odabirati samo ženske spermije te ih koristiti u umjetnoj oplodnji. Rezultat bi bila proizvodnja samo ženskih životinja u tovu, no, zbog visoke cijene i tehničkih nedostataka laboratorijske metodologije, ta metoda nije izgledna u skoroj budućnosti (Roca i sur., 2011.).

ZAKLJUČAK

U ovom su radu izloženi fiziološki i zootehnički aspekti neugodnoga mirisa mesa po nerastu, koji potvrđuju složenost toga svojstva te upućuju na moguće kompromise budućih preventivnih pristupa. Proizvodnja nekastriranih nerasta, očigledno, ima svoje prednosti, ali i nedostatke. Neke se od tih nedostataka može uspješno običi imunokastracijom ili klanjem životinja prije spolne zrelosti. Metode rane detekcije, u kombinaciji s preradom „smrdljivoga“ mesa u proizvode od mesa, čine se kao moguće rješenje u nekim proizvodnim sustavima. Nadalje, ako bi se pronašao način povoljne ili održive proizvodnje cikorije, hranidba bi uz taj dodatak mogla biti rješenje u ekstenzivnim sustavima. Dugoročno promatrano, genomska selekcija nudi najizglednije rješenje, s obzirom na to da samo manji dio muških životinja ima „smrdljivo“ meso. Međutim, zbog pozitivnih genetskih korelacija s reproduktivnim svojstvima, selekcija je otežana te zahtijeva otkrivanje genetskih markera i QTL-ova bez negativnih utjecaja na spomenuta svojstva i njihovu primjenu u genomskoj selekciji. Uz postojeća te novootkrivena saznanja o takvim markerima, u nadolazećem se razdoblju s genomskom selekcijom mogu očekivati pozitivna rješenja u praksi.

U Republici Hrvatskoj, gdje je stanje u svinjogojstvu loše, s negativnim trendovima i padom ukupnoga broja krmača, vrlo su ograničene mogućnosti za primjenu sustavnoga i dugoročnoga rješenja. Broj krmača pod kontrolom proizvodnosti iznosio je 24674 (HPA izvje-

šće, 2015.). Na velikim gospodarstvima u Hrvatskoj dominiraju rasplodne krmače porijeklom od svjetskih hibridnih kompanija (PIC i Topigs), koje čine preko 80% svih krmača pod kontrolom proizvodnosti. Stoga se u tim sustavima očekuje primjena genomske selekcije u okviru vlastitih uzgojnih programa. Imunokastracija ostaje kao praktično rješenje, dok se vremenom ne postignu zadovoljavajući rezultati selekcijom na globalnoj razini. Na malim gospodarstvima u Republici Hrvatskoj genomsku selekciju nije moguće primijeniti s postojećom infrastrukturom i stanjem u populaciji. Vrijedno je, stoga, razmotriti primjenu metoda ranog utvrđivanja polovica s neugodnim mirisom na liniji klanja te maskiranjem istih začinima ili dimljenjem u daljnjoj preradi. Također, primjenom imunokastracije, različitih režima hranidbe ili dodacima u smjese, mogu se postići, donekle, zadovoljavajući rezultati.

LITERATURA

- Aldal, I., Andresen, Ø., Egeli, A.K., Haugen, J.E., Grødum, A., Fjetland, O., Eikaas, J.L.H. (2005): Levels of androstenone and skatole and the occurrence of boar taint in fat from young boars. *Livest. Prod. Sci.*, 95: 121-129. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.12.010>
- Andersson, H.K., Andersson, K., Zamaratskaia, G., Babol, J., Rydhmer, L., Lundström, K. (2003): The effect of single-sex or mixed sex raising of entire male and female pigs on production results, meat quality, skin damage and boar taint. *EAAP Working Group on Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs*, Dublin, Ireland, 13-14 November 2003
- Aaslyng, M.D., De Lichtenberg Broge, E.H., Brockhoff, P.B., Christensen, R.H. (2015): The effect of skatole and androstenone on consumer response towards streaky bacon and pork belly roll. *Meat Science*, 110: 52-61. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.001>
- Batorek, N., Candek-Potokar M., Bonneau M., Van Milgen, J. (2012): Meta-analysis of the effect of immunocastration on production performance, reproductive organs and boar taint compounds in pigs. *Animal*, 6(8), 1330-1338. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731112000146>
- Babol, J., Squires, E.J. (1995): Quality of meat from entire male pigs. *Food Research International*, 28: 201-212.
- Babol, J., Squires, E.J., Lundstrøm, K. (1999): Relationship between metabolism of skatole and androstenone in intact male pigs. *Journal of Animal Science*, 77: 84-92.
- Blanch, M., Panella-Riera, N., Chevillon, P., Font i Furnols, M., Gil, M., Gil, J.M., Kallas, Z., Oliver, M.A. (2012): Impact of consumer's sensitivity to androstenone on acceptability of meat from entire male pigs in three European countries: France, Spain and United Kingdom. *Meat Science*, 90: 572-578. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.09.018>
- Bonneau, M., Squires, J. (2004): Boar taint: Causes and measurement. In *Encyclopedia of Meat Sciences*. Eds W.K. Jensen, C. Devine & M. Dikemann, Elsevier, Oxford, ISBN 0-12-464970-X, pp.91-96 (I-S)
- Bonneau, M., LeDenmat, M., Vaudelet, J.C., Veloso Nunes, J.R., Mortensen, A.B., Mortensen, H.P. (1992): Contributions of fat androstenone and skatole to boar taint: I. Sensory attributes of fat and pork meat. *Livestock Production Science*, 32: 63-80.
- Bonneau, M., Carrie-Lemoine, J., Prunier, A., Garnier, D.H., Terqui, M. (1987): Age related changes in plasma LH and testosterone concentration profiles and fat androstenone content in the young boar. *Animal Reproduction Science*, 15: 241-258.
- Bonneau, M., Kempster, A.J., Claus, R., Claudi-Magnussen, C., Diestre, A., Tornberg, E., Walstra, P., Chevillon, P., Weiler, U., Cook, G.L. (2000): An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: I. Presentation of the programme and measurement of boar taint compounds with different analytical procedures. *Meat Science*, 54: 251-259.
- Bonneau, M., Desmoulin, B., Dumont, B.L. (1979): Production de viandes de porc mâles entiers ou castrés: efficacité alimentaire et composition corporelle chez les races hypermusclées. *Annales de Zootechnie*, 28: 53-72
- Brennan, J.J., Shand, P.J., Fenton, M., Nicholls, L.L., Aherne, F.X. (1986): Androstenone, androstenol and odour intensity in backfat of 100- and 130-kg boars and gilts. *Canadian Journal of American Science*, 66: 615-624
- Claus, R., Weiler, U., Herzog, A. (1994): Physiological aspects of androstenone and skatole formation in the boars - a review with experimental data. *Meat Science*, 38: 289-305.
- Corral, S., Salvador, A., Flores M. (2016): Effect of the use of entire male fat in the production of reduced salt fermented sausages. *Meat Science*, 116: 140-150. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.005>
- de Campos, C.F., Lopes, M.S., e Silva, F.F., Veroneze, R., Knol, E.F., Lopes, P.S., Guimaraes, S.E. (2015): Genomic selection for boar taint compounds and carcass traits in a commercial pig population. *Livestock Science*, 174: 10-17. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2015.01.018>
- de Lange, C.F.M., Squires, J. (1995): Entire males vs. castrates – financial benefits to the producer. *Ontario Swine Research Review*, 1995. University of Guelph, 41-44.
- de Roest, K., Montanari, C., Fowler, T., Baltussen, W. (2009): Resource efficiency and economic implications of alternatives to surgical castration without anaesthesia. *Animal*, 3(11): 1522-1531. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731109990516>
- Dekkers, J.C.M. (2004): Commercial application of marker- and gene-assisted selection in livestock: strategies and lessons. *J. Anim. Sci.*, 82: E313-E328.
- Doran, E., Whittington, F.M, Wood, J.D., McGivan, J.D. (2004): Characterization of androstenone metabolism in pig liver microsomes. *Chemico-Biological Interactions*, 147: 141-149. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbi.2003.12.002>
- Duchemin, S.I., Colombani, C., Legarra, A., Baloche, G., Larroque, H., Astruc, J.M., Barillet, F., Robert-Granié, C., Manfredi, E. (2012): Genomic selection in the French Lacaune dairy sheep breed. *J. Dairy Sci.*, 95: 2723-2733. doi: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-4980>

22. Duijvesteijn, N., Knol, E.F., Merks, J.W., Crooijmans, R.P., Groenen, M.A., Bovenhuis, H., Harlizius, B. (2010): A genome-wide association study on androstenone levels in pigs reveals a cluster of candidate genes on chromosome 6. *BMC Genet.*, 11: 42.
doi: <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2156-11-42>
23. Dunshea, F.R., Colantoni, C., Howard, K., McCauley, I., Jackson, P., Long, K.A., Lopaticki, S., Nugent, E.A., Simons, J.A., Walker, J., Hennessy, D.P. (2001): Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. *Journal of Animal Science*. 79: 2524-2535.
24. EFSA (European Food Safety Authority) (2004): Welfare aspects of the castration of piglets. *The EFSA Journal*, 91: 1-18
25. European Declaration on Alternatives to Surgical Castration of Pigs, 2011.
26. FAO Biannual Report on Global Food Markets, 2015.
27. Fowler, V.R., McWilliam, T., Aitken, R. (1981): Voluntary feed intake of boars, castrates and gilts given diets of different nutrient density. *Animal Production*, 32: 357
28. Fredriksen, B., Font i Furnols, M., Lundström, K., Migdal, W., Prunier, A., Tuytens, F.A.M., Bonneau, M. (2009): Practice on castration of piglets in Europe. *Animal*, 3: 1480-1487.
doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731109004674>.
29. Gilbert, A.N., Wysocki, C.J. (1987): The smell survey. *Results. National Geographics*, 172: 514-525.
30. Gispert, M., Oliver, M.A., Velarde, A., Suarez, P., Pérez, J., Font i Furnols, M. (2010): Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. *Meat Science*, 85: 664-670.
doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.03.021>
31. Gvozdanović, K., Čuljak, V., Margeta, P. (2015): Razvoj novih tehnologija sekvenciranja i njihova primjena u istraživanju genoma domaćih životinja. *Poljoprivreda/ Agriculture*, 21(2): 66-72.
doi: <http://dx.doi.org/10.18047/poljo.21.2.11>
32. Hansen, L.L., Mejer, H., Thamsborg, S.M., Byrne, D.V., Roepstorff, A., Karlsson, A.H., Hansen-Møller, J., Jensen, M.T., Tuomola, M. (2006): Influence of chicory roots (*Cichorium Intybus* L.) on boar taint in entire male and female pigs. *Animal Science*, 82: 359-368.
doi: <http://dx.doi.org/10.1079/ASC200648>
33. Hrvatska Poljoprivredna Agencija (HPA), Godišnje izvješće, 2015.
34. Ibañez-Escriche, N., Gonzalez-Recio, O. (2010): Promises, pitfalls and challenges of genomic selection in breeding programs. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2011 9(2): 404-413.
doi: <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/20110902-447-10>
35. Lee, G.J., Archibald, A.L., Law, A.S., Lloyd, S., Wood, J., Haley, C.S. (2005): Detection of quantitative trait loci for androstenone, skatole and boar taint in a cross between Large White and Meishan pigs. *Anim. Genet.*, 36: 14-22.
doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2052.2004.01214.x>
36. Lin, Z., Lou, Y., Squires, J.E. (2006): Functional polymorphism in porcine CYP2E1 gene: Its association with skatole levels, *Journal of Steroid Biochemistry & Molecular Biology*, 99: 231-237.
37. Lukić, B., Pong Wong, R., Rowe, J.S., de Koning, D.J., Velandier, I., Haley, S.C., Archibald, L.A., Woolliams, A.J. (2015): Efficiency of genomic prediction for boar taint reduction in Danish Landrace pigs. *Animal genetics*, 46(6) 1-10.
doi: <http://dx.doi.org/10.1111/age.12369>
38. Martínez, B., Rubio, B., Viera, C., Linares, M.B., Egea, M., Panella-Riera, N., Garrido, M.D., (2016): Evaluation of different strategies to mask boar taint in cooked sausage. *Meat Science*, 116: 26-33.
doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.01.006>.
39. Meat and Livestock Commission, (1989): Stotfold pig development unit, results from the first trial. Meat and Livestock Commission, Milton Keynes, England.
40. Meuwissen, T.H.E., Hayes, B.J., Goddard, M.E. (2001): Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics*, 157: 1819-1829
41. Meuwissen, T. (2003): Genomic selection: The future of marker assisted selection and animal breeding. In *Marker assisted selection: A fast track to increase genetic gain in plant and animal breeding?* Pp. 54-59. Turin, Italy, 17-18 Oct. 2003. FAO, Rome.
42. Moe, M., Lien, S., Aasmundstad, T., Meuwissen, T.H.E., Hansen, M.H.S., Bendixen, C., Grindflek, E. (2009). Association between SNPs within candidate genes and compounds related to boar taint and reproduction. *BMC Genomics*, 10: 32.
doi: <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2156-10-32>.
43. Mortensen, A.B., Sorensen, S.E. (1984): Relationship between boar taint and skatole determined with a new analysis method. 30th European Meeting of Meat Research Workers, Bristol, U.K.
44. Mortensen, A.B., Bejerholm, C., Pedersen, J.K. (1986): Consumer test of meat from entire males, in relation to skatole in backfat. Proc 32nd European Meeting of Meat Research Workers, Ghent, p. 23-26.
45. Nelson, D.R., Koymans, L., Kamataki, T., Stegeman, J.J., Feyereisen, R., Waxman, D.J., Waterman, M.R., Gotoh, O., Coon, M.J., Estabrook, R.W., Gunsalus, I.C., Nebert, D.W. (1996): P450 superfamily: update on new sequences, gene mapping, accession numbers and nomenclature. *Pharmacogenetics*, 6(1): 1-42.
46. Pearson, A.M., Ngoddy, S., Price, J.F., Larzelere, H.E. (1971): Panel acceptability of products containing boar meat. *J. Anim. Sci.*, 33: 26-29.
47. Pravilnik o minimalnim uvjetima za zaštitu svinja (NN119/10).
48. Quintanilla, R., Demeure, O., Bidanel, J.P., Milan, D., Iannuccelli, N., Amigues, Y., Gruand, J., Renard, C., Chevalet, C., Bonneau, M. (2003): Detection of quantitative trait loci for fat androstenone levels in pigs. *Journal of Animal Science*, 81: 385-394.
49. Rideout, T.C., Fan, M.Z., Cant, J.P., Wagner-Riddle, C., Stonehouse, P. (2004): Excretion of major odor-causing and acidifying compounds in response to dietary supplementation of chicory inulin in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 82: 1678-1684.
50. Ritz, J. (1996.): Hrvatsko-engleski, englesko-hrvatski agronomski rječnik. Školska knjiga, Zagreb.
51. Robic, A., Larzul, C., Bonneau, M. (2008): Genetic and metabolic aspects of androstenone and skatole depositi-

- on in pig adipose tissue: A review, *Genet. Sel. Evol.*, 40: 129-143.
doi: <http://dx.doi.org/10.1051/gse:2007040>
52. Roca, J., Parrilla, I., Rodriguez-Martinez, H., Gil, M.A., Cuello, C., Vazquez, J.M., Martinez, E.A. (2011): Approaches Towards Efficient Use of Boar Semen in the Pig Industry. *Reprod. Dom. Anim.*, 46(2): 79-83.
doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0531.2011.01828.x>
 53. Rowe, J.S., Karacaoren, B., de Koning Dirk, J., Lukić, B., Hastings, C.N., Velander, I., Haley, S.C., Archibald, L.A. (2014): Analysis of the genetics of boar taint reveals both single SNPs and regional effects. *BMC Genomics*, 15(42): 1-11.
doi: <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2164-15-424>
 54. Sather, A.P., Squires, E.J., Jeremiah, L.E., Jones, S.D.M., Schaefer, A.L. (1992): Meat quality and consumer acceptance of pork from entire males. *Can. J. Anim. Sci.*, 72: 1014-1015.
 55. Spelman, R.J., Arias, J., Keehan, M.D., Obolonkin, V., Winkelman, A.M., Johnson, D.L., Harris, B.L. (2010): Application Of Genomic Selection In The New Zealand Dairy Cattle Industry. The 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (WCGALP) Leipzig, Germany. 1-6 Aug 2010.
 56. Squires, E.J., Bonneau, M. (2004): Boar taint: Control. In *Encyclopedia of Meat Sciences*. Eds W.K. Jensen, C. Devine & M. Dikemann, Elsevier, Oxford, ISBN 0-12-464970-X, pp.97-103 (I-S)
 57. Škrlep, M., Batorek, N., Bonneau, M., Prevolnik, M., Kubale, V., Čandek-Potokar, M. (2012): Effect of immunocastration in group-housed commercial fattening pigs on reproductive organs, malodorous compounds, carcass and meat quality. *Czech J. Anim. Sci.*, 57(6): 290-299.
 58. Tørngren, M.A., Claudi-Magnussen, C., Støier, S., Kristensen, L. (2011): Boar taint reduction in smoked, cooked ham. 57th International Congress of Meat Science and Technology, 7–12th August. Ghent, Belgium.
 59. Van Raden, P.M., Van Tassell, C.P., Wiggans, G.R., Sonstegard, T.S., Schnabel, R.D., Taylor, J.F., Schenkel, F.S. (2009): Invited Review: Reliability of Genomic Predictions for North American Holstein Bulls. *J. Dairy Sci.*, 92: 16-24.
doi: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2008-1514>.
 60. Wang, C., Habier, D., Wolc, A., Garrick, D.J., Fernando, R.J., Lamont, S.J., Dekkers, J.C.M., Kranis, A., Watson, Kellie, A. (2013): Application of Genomic Selection Using an Evenly Spaced Low-density Marker Panel in Broiler Chickens. *Animal Industry Report: AS 659, ASL R2807*.
 61. Wellmann, R., Preuß, S., Tholen, E., Heinkel, J., Wimmers, K., Bennewitz, J. (2013): Genomic selection using low density marker panels with application to a sire line in pigs. *Genetics Selection Evolution*, 45: 28.
doi: <http://dx.doi.org/10.1186/1297-9686-45-28>.
 62. Wood, J.D., Enser, M. (1982): Comparison of boars and castrates for bacon production. 2. Composition of muscle and subcutaneous fat, and changes in side weight during curing. *Animal Production*, 35: 65-74
 63. Wysocki, C.J., Beauchamp, G.K. (1984): Ability to smell androstenone is genitacally determined. *Proceedings of the Natural Academy of Science of the United States of America*, 86: 7976-7978.
 64. Xue, J.L., Dial, G.D. (1997): Raising intact male pigs for meat: Detecting and preventing boar taint. *Swine Health and Production*, 5(4): 151-158.
 65. Yost, G.S. (1989): Mechanisms of 3-methylindole pneumotoxicity, *Chem. Res. Toxicol.*, 2: 273-279.
 66. Zakon o zaštiti životinja (NN135/06, 37/13, 125/13).
 67. Zamaratskaia, G., Squires, E.J. (2009): Biochemical, nutritional and genetic effects on boar taint in entire male pigs. *Animal*, 3: 1508-1521.
doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731108003674>
 68. Zammerini, D., Wood, J.D., Whittington, F.M., Nute, G.R., Hughes, S.I., Hazzledine, M., Matthews, K. (2012): Effect of dietary chicory on boar taint. *Meat Science*, 91: 396-401.
doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.01.020>

BOAR TAIN – POSSIBILITIES AND SOLUTIONS IN PIG PRODUCTION

SUMMARY

Over many years castration of male pigs has been a common zootechnical practice performed in order to avoid boar taint or offensive odour of pork found in sexually mature boars. As castration of animals in intensive livestock production has been receiving criticism from international organizations for animal protection and welfare in the last decade, male pigs should be castrated with anesthesia in order to perform the procedure in a less painful and stressful way. Along with boar taint, boar production is accompanied by some other important advantages and disadvantages. Hence, there is a need for a detailed research of this kind of production. The main substances accumulated in the fat of male pigs that cause boar taint are androstenone and skatole. In this scientific review, physiological and zootechnical factors responsible for the development of boar taint and the possibilities of its prevention in the Republic of Croatia will be presented.

Key-words: boar, boar taint, castration, meat, androstenone, skatole

(Primljeno 20. srpnja 2016.; prihvaćeno 8. studenoga 2016. - Received on 20 July 2016; accepted on 8 November 2016)