

Poglavje 5

Vpliv genotipa in starosti merjascev na vsebnost skatola v hrbtnem podkožnem maščobnem tkivu

Marjeta Žemva^{1,2}, Špela Malovrh¹, Milena Kovač¹

Izvleček

Spolni vonj merjascev je ena glavnih ovir pri predelavi merjaščevega mesa. Na intenzivnost neprijetnega vonja v merjaščevem mesu vplivata predvsem vsebnost androstenona in skatola. Nekateri avtorji pripisujejo večji pomen skatolu. Na vsebnost skatola v maščobi merjascev vpliva več dejavnikov, kot so krma, masa, starost, genotip živali kot tudi okolje reje in letni čas zakola. V tej raziskavi smo proučili ali obstaja razlika v vsebnosti skatola med slovenskimi lokalnimi genotipi. Prav tako smo proučili spreminjanje vsebnosti skatola s starostjo živali. Zbrali smo vzorce maščobe petih lokalnih genotipov merjascev, starih med 100 in 300 dnevi in jih razdelili v tri skupine. Genotip 44 je imel manjšo vsebnost skatola kot genotip 11 pri drugi skupini, vendar rezultata ne moremo pripisati samo vplivu genotipa zaradi ostalih vplivov na vsebnost skatola (letni čas zakola, pogoji reje). S starostjo se vsebnost skatola v maščobi merjascev ni spreminjala.

Ključne besede: merjasci, spolni vonj, skatol, hrbtno maščobno tkivo, genotip, starost

Abstract

Title of the paper: **The effect of genotype and age of boars on skatole content in back subcutaneous adipose tissue.**

Boar taint is one of the main problem in boars meat production. Intensity of unpleasant smell in boars meat is effected mainly by androstenon and skatole content. Greater effect of skatole was reported by some aauthors. There were a lot of effects on skatole content in boars fat, like feed, weight, age, genotype of animals, rearing condition, and season of slaughter. In this research the differences in skatole content in Slovenian local genotypes were investigated. Also changes in skatole content with age of animal were investigated. Samples of five local boars genotypes were collected. Boars were old between 100 and 300 days. Samples were separated in three groups. Genotype 44 had less skatole content as genotype 11 in second group, but the result can not be append only to genotype because of other effects on skatole content (season, rearing condition). Skatole content in boars fat did not differed with age.

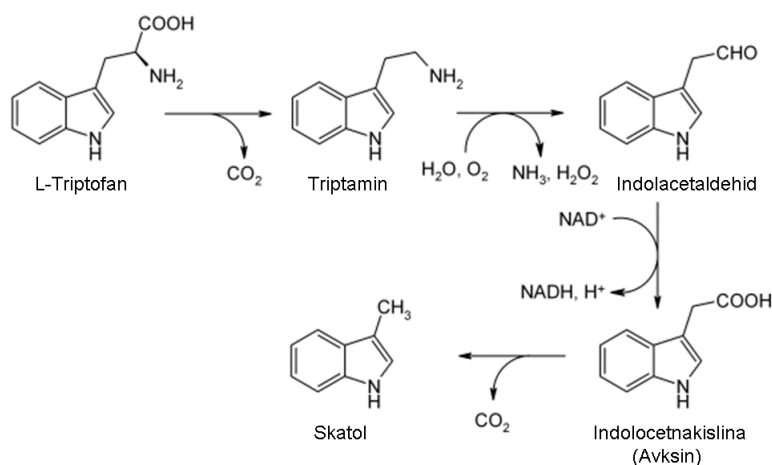
Keywords: boars, boar taint, skatole, back fat tissue, genotype, age

¹Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Groblje 3, 1230 Domžale

²E-pošta: marjeta.zemva@bf.uni-lj.si

5.1 Uvod

Problem spolnega vonja mesa merjascev je že dalj časa precej proučevan v Evropski Uniji (Babol in Squires, 1995). V nekaterih evropskih državah že velja prepoved kastriranja prašičev. Ob tej prepovedi se iščejo razne alternative, med katere spada tudi reja merjascev. Uporabo svežega mesa merjascev omejuje predvsem spolni vonj, ki se pojavi pri nekaterih merjascih. Zanj sta v največji meri odgovorni komponenti skatol in androstenon, vendar nekateri znanstveniki pripisujejo večji pomen skatolu (Hansen-Møller in Andersen, 1994). Androstenon je moški spolni hormon, medtem ko je skatol razgradnji produkt aminokisliline triptofan (slika 1).



Slika 1: Metabolizem triptofana v prebavnem traktu sesalcev (Diaz, 2000)

Poleg osnovnega izvira skatola, ki je v gastrointestinalnem traktu, ga lahko del pride tudi skozi kožo ali pljuča, pri prašičih, ki ležijo v urinu ali ob neprimerni ventilaciji (Babol in Squires, 1995). To pomeni, da bo imela maščoba živali rejenih v okolju, kjer ni urejena drenaža oziroma je veliko amoniaka v zraku, bolj neprijeten vonj kot pri urejeni reji. Predvsem se to odraža poleti, saj se zaradi vročine živali še raje valjajo po blatu ali urinu. Na vsebnost skatola v maščobi merjascev vplivajo tudi drugi dejavniki (Deslandes in sod., 2001), kot so masa in starost živali, genetski vpliv ter prehrana. Pri večji masi merjascev so opazili večjo vsebnost skatola (Zamaratskaia in sod., 2005), kar je povezano najbrž tudi z večjo starostjo.

Z različnimi krmnimi dodatki h krmi merjascev lahko relativno preprosto, cenovno ugodno in hitro vplivamo na vsebnost skatola v maščobi merjascev. Predmet raziskav so bili predvsem povišana vsebnost beljakovin, ogljikovih hidratov in vlaknin v krmi merjascev ter dodatek antibiotičnih sredstev, ki imajo vpliv na mikrofloro v črevesju živali. Dodatek surovega krompirjevega škroba v obrok je vplival na zmanjšanje skatola tako v plazmi kot v

maščobi (Zamaratskaia in sod., 2005; Chen in sod., 2007). Pri krmljenju obrokov z nizko vsebnostjo beljakovin, je maščoba merjascev vsebovala več skatola kot pri obroku z več beljakovinami (Lundström in sod., 1994). Maščoba merjascev, krmljenih z več vlakninami, je v več primerih preseгла prag zaznavanja skatola 0,25 ppm ($\mu\text{g/g}$), kot pri krmljenju z bolj energetsko krmo (Lundström in sod., 1988). Uporaba antibiotičnih rastnih pospeševalcev je zmanjšala mikrobo aktivnost v gastrointestinalnem traktu in s tem tudi vsebnost skatola v iztrebkih, medtem ko na koncentracijo v maščobi ni imela vpliva (Hawe in sod., 1992). Prav tako dodatek 20 ppm antibiotikov, tilozina in virginiamicina, k osnovni krmni mešanici merjascev ni vplival na vsebnost skatola v maščobi (Hansen in sod., 1994).

Vpliv pasme živali na vsebnost skatola v hrbtni podkožni maščobi so nakazali že Lundström in sod. (1994). Nadalje so razliko v vsebnosti skatola v maščobi med pasmami merjascev potrdili Xue in sod. (1996), ki so primerjali pasme duroc, hampshire, landrace in yorkshire, medtem ko so Doran in sod. (2002) ugotavljali razlike med križanci large white x landrace ter meishan x landrace. Tudi starost vpliva na vsebnost skatola v maščobi merjascev. Whittington in sod. (2004) so pri standardni krmi merjascev ugotovili višjo vsebnost skatola v hrbtni podkožni maščobi pri starosti 174 dni kot pri 114 in 144 dni. Pri teh dveh starostih je bila vsebnost skatola pod mejo sprejemljivosti, ki znaša 0.25 ppm (Godt in sod., 1996), medtem ko je pri starosti 174 dneh narasla kar nad 0.6 ppm. Zamaratskaia in sod. (2004) ter Babol in sod. (2004) so spremljali vsebnosti skatola v plazmi glede na starost merjascev. Ugotovili so največjo vsebnost skatola pri merjascih starih med 200 in 300 dnevi, pri starejših pa je koncentracija nižja. Nadalje so Zamaratskaia in sod. (2004) ocenili močno korelacijo (0.80) med vsebnostjo skatola v krvni plazmi in maščobi merjascev pri starosti merjascev med 140 in 168 dni.

Zanimalo nas je, ali obstaja razlika v vsebnosti skatola med posameznimi slovenskimi lokalnimi genotipi merjascev. V poskus je bilo vključenih pet genotipov. Da smo pridobili uravnotežene skupine smo jih razdelili v tri skupine. Pri vseh skupinah smo ugotavljali tudi spreminjanje vsebnosti skatola s starostjo živali.

5.2 Material in metode

5.2.1 Vzorci

Pridobili smo vzorce maščobe petih genotipov merjascev: slovenska landrace - linija 11 (11), slovenski veliki beli prašič (22), pietrain (44), slovenska landrace - linija 55 (55) in hibrid 54 (54). Merjasci so bili rejeni na šestih vzrejnih središčih po Sloveniji, štirih iz Prekmurja in dveh iz okolice Ptuja. Krmljenje je potekalo s krmo, ki je standardna v preizkusu merjascev. Merjasci so bili nazadnje stehani ob zaključku preizkusa, ob zakolu pa ne. Ob izločitvi je bil zabeležen datum zakola in odvzeta sta bila vzorca maščobe in mišičnine. Vzorci hrbtna maščobe in mišice so bili vzeti za zadnjim rebrom. Takoj po odvzemu so jih zapakirali vsakega v svojo polietilensko vrečko in jih dali v skupno vrečko, kamor je bila dodana tudi oznaka vzorca. V najkrajšem možnem času so bili pri kmetu, kjer je potekal zakol, preneseni v zamrzovalno skrinjo na $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vzorci so bili prevzeti na dan rednega preizkusa in še

zamrznjeni pripeljani v zamrzovalno komoro na Biotehniški fakulteti, kjer smo jih hranili do homogenizacije in analiz za skatol.

Oblikovali smo tri skupine glede na dobljene vzorce. Pri prvi skupini, ki je vsebovala 20 vzorcev merjascev, smo opravili analize takoj po vpeljavi metode. V tej skupini so bili prisotni trije genotipi: 11, 44 in 54. Drugo skupino vzorcev smo pridobivali skozi naslednje leto in jih skladiščili do analiz. Ta je zajemala 72 vzorcev vseh petih genotipov: 11, 22, 44, 55, in 54. Nadalje smo pridobili še 24 vzorcev pasme pietrain in 16 vzorcev hibrida 54. Oblikovali smo tretjo skupino, v katero so bili vključeni vsi že analizirani in novo prispeli vzorci genotipov 44 in 54. Zajemala je 83 vzorcev obeh genotipov.

5.2.2 Laboratorijske analize

Pred homogenizacijo smo vzorcem maščobe odstranili mišično tkivo in prisotno kri. Homogenizacijo smo izvedli s pomočjo tekočega dušika in z Grindomix aparatom na 6000 obratov. Tako pripravljene vzorce smo shranili pri -20°C do analiz. Postopek analize je podrobneje opisan v Žemva (2010).

Analizo smo pričeli s pripravo reagentov. Za pripravo filtrata smo odtehtali 5 g vzorca in jih utekočinili v mikrovalovni pečici. Prelili smo jih s tris-acetonom in še dodatno homogenizirali z ultraturaksom. Zmes smo ohladili in filtrirali. Analizo tako pridobljenega filtrata smo izvedli na spektrofotometru. Barvno reakcijo smo izvedli z dodajanjem barvnega reagenta k filtratu, kjer je potekla reakcija med skatolom in 3-metilaminobenzaldehidom. Pri nekaterih meritvah smo posneli tudi spekter standardov ali vzorcev, s katerim smo preverili absorpcijski maksimum.

5.2.3 Statistična obdelava

Podatke o vsebnosti skatola v maščobi merjascev [5.1] smo statistično obdelali tako, da smo v model vključili sistematski vpliv genotipa (G_i). Indeks i je imel v prvem poskusu tri nivoje (11, 44 in 54), v drugem poskusu pet nivojev (11, 22, 44, 55 in 54) in v tretjem poskusu dva nivoja (44, 54). Starost ob zakolu (x_{ij}) smo vključili kot neodvisno spremenljivko, katere povezavo s skatolom smo opisali z linearno regresijo.

$$y_{ij} = \mu + G_i + b(x_{ij} - \bar{x}) + e_{ij} \quad [5.1]$$

Statistično obdelavo smo opravili po metodi najmanjših kvadratov. Razlike za vpliv genotipa smo testirali z multiplim testom po Tukeyu. Uporabili smo proceduro za splošne linearne modele GLM, v statističnem paketu SAS/STAT (SAS Inst. Inc., 2001).

5.3 Rezultati in razprava

5.3.1 Razlike v vsebnosti skatola med genotipi

Prvo skupino z 20-imi vzorci maščobe merjascev treh genotipov (11, 44 in 54) smo analizirali ob vpeljavi metode (Mortensen in Sørensen, 1984). Maščoba okoli 222 dni starih merjascev je vsebovala povprečno 0.23 ppm skatola (tabela 1), kar je na meji neprijetnega vonja po merjascu. V tej skupini je imelo 12 vzorcev vsebnost skatola pod mejno vrednostjo (0.25 ppm), ostalih 8 vzorcev pa nad to mejo. Živali so bile stare med 114 in 298 dnevi, kjer so bili merjasci genotipa 11 v povprečju 20 dni starejši od ostalih dveh genotipov. Pasma slovenska landrace - linija 11 in hibrid 54 sta bila tik nad mejo sprejemljivosti, medtem ko je imel pietrain precej nižjo vsebnost skatola (0.12 ppm). Torej pri pasmi pietrain ni bilo nevarnosti spolnega vonja. Xue in sod. (1996) navajajo, da maščoba pasme hampshire vsebuje več skatola, določenega po kolorimetrični metodi, kot landrace. Doran in sod. (2002) pa so ugotovili večjo vsebnost skatola pri enako starih meishan prašičih, ki prej spolno dozori in so bolj zamaščena pasma kot large white.

Tabela 1: Osnovna statistika za starost merjascev in vsebnost skatola pri genotipih 11, 44 in 54 ob vpeljavi metode

Sprem.	Genotip	Št. analiz	Povprečje	St. odklon	Minimum	Maksimum
Starost ob zakolu (dni)	11		234	47	182	278
	44		215	15	208	241
	54		213	54	114	298
	Skupaj		222	44	114	298
Skatol (ppm)	11	7	0.26	0.18	0.01	0.53
	44	5	0.12	0.11	0.03	0.31
	54	8	0.25	0.19	0.05	0.62
	Skupaj	20	0.23	0.17	0.01	0.62

Pri drugi skupini je bilo v analizo vključenih skupaj 72 vzorcev petih genotipov merjascev (11, 22, 44, 55 in 54; tabela 2). Vsak genotip je bil zastopan s 15 vzorci, razen pasma 22 z 12 vzorci. Povprečna vsebnost skatola je pri vseh genotipih presegla mejno vrednost za vonj po merjascu (0.25 ppm). Pri pasmah 22 in 55 sta celo minimalni vsebnosti skatola (0.44 ppm in 0.34 ppm) presegli mejno vrednost. Najnižjo povprečno vsebnost skatola je podobno kot pri prvi skupini imela pasma 44 (0.59 ppm). Sledil je hibrid 54 z 0.67 ppm skatola v maščobi. Starost merjascev, zajetih v poskus, je bila med 101 in 310 dnevi. V povprečju so bile najstarejše živali genotipa 11 in 55. Te so bile v povprečju 23 dni starejše od hibrida 54.

Tabela 2: Osnovna statistika za starost merjascev in vsebnost skatola maternalnih in terminalnih genotipov

Sprem.	Genotip	Št. analiz	Povprečje	St. odklon	Minimum	Maksimum
Starost ob zakolu (dni)	11		213	21	170	248
	22		208	26	161	248
	44		202	37	148	310
	55		213	24	184	278
	54		190	51	101	262
	Skupaj		205	34	101	310
Skatol (ppm)	11	15	0.83	0.31	0.21	1.26
	22	12	0.76	0.26	0.44	1.22
	44	15	0.59	0.24	0.07	1.07
	55	15	0.70	0.20	0.34	1.04
	54	15	0.67	0.33	0.07	1.10
	Skupaj	72	0.71	0.27	0.07	1.26

V zadnji analizi smo zbrali vzorce vseh merjascev pasme 44 in hibrida 54. To sta terminalna genotipa, ki sta v Sloveniji pri merjascih najbolj zastopana. Tako se teh merjascev več vzredi in tudi hitreje proda. Vseh opravljenih analiz genotipov 44 in 54 je bilo 83 (tabela 3), in sicer v prvi skupini pet pasme 44 in osem hibrida 54 (tabela 1), v drugi skupini 15 od vsakega genotipa (tabela 2) in nadalje še 24 vzorcev pasme 44 in 16 hibrida 54. Vse skupaj smo opravili 44 analiz pasme 44 in 39 analiz hibrida 54 (tabela 3). Pri pasmi pietrain in hibridu 54 smo opazili zelo podobno vsebnost skatola (0.56 in 0.55 ppm). Povprečna starost med genotipoma se je razlikovala le za 4 dni. Starost genotipa 44 (98 do 310 dni) ob zakolu je imela 15 dni večji razpon kot genotip 54 (101 do 298 dni).

Tabela 3: Osnovna statistika za starost merjascev in vsebnost skatola genotipov 44 in 54

Lastnost	Genotip	Št. analiz	Povprečje	St. odklon	Minimum	Maksimum
Starost ob zakolu (dni)	44		197	35	98	310
	54		201	53	101	298
	Skupaj		199	44	98	310
Skatol (ppm)	44	44	0.56	0.32	0.03	1.41
	54	39	0.55	0.35	0.02	1.35
	Skupaj	83	0.56	0.33	0.02	1.41

Pri vseh treh skupinah smo ocenili razlike v vsebnosti skatola (tabela 4). Pri prvi skupini nismo ugotovili razlik med genotipi 11, 44 in 54. Nakazano je le, da bi lahko maščoba pasme 44 vsebovala manj skatola kot pasme 11 (-0.13 ppm) in 54 (-0.14 ppm), vendar razliki nista bili značilni ($p=0.1975$ in $p=0.1505$). Pri drugi skupini, kjer je bilo skupaj opravljenih

72 analiz, je dokazana razlika v vsebnosti skatola med pasmama 44 in 11. Maščoba merjascev pasme 44 je vsebovala 0.25 ppm manj skatola kot pasme 11. Razlika se je kazala tudi med pasmama 44 in 22 ($p=0.0931$). Pasma pietrain je najbolj mesnata pasma, medtem ko je slovenska landrace linija 11 srednje zamaščena. Podobno Doran in sod. (2002) navajajo višjo vsebnost skatola pri bolj zamaščeni meishan pasmi kot komercialni large white. Ti rezultati niso v skladu s predhodnimi ugotovitvami Xue in sod. (1996), ki navajajo večjo vsebnost skatola pri hampshire kot pri duroc in landrace merjasceh. Babol in sod. (2004) so določili vsebnost skatola v maščobi s kolorimetrično metodo in vsebnost skatola v plazmi. Določili so tudi povezavo, da mejna vrednost vsebnosti skatola v maščobi 0.20 ppm odgovarja 12.6 $\mu\text{g/l}$ skatola v krvni plazmi. Glede na določeno razmerje so določili, da v plazmi presega prag zaznavanja 25.5 % yorkshire, 31.6 % landrace, 20.3 % hampshire in 61.1 % duroc merjascev. Tudi v plazmi so imeli zamaščeni duroc merjasci v povprečju več meritev skatola nad želeno vrednostjo kot hampshire in yorkshire (Babol in sod., 2004). Med genotipoma 44 in 54 v tretji skupini nismo opazili razlik v vsebnosti skatola ($p=0.8969$; tabela 4), kar je morda zaradi podobnosti v genotipih, saj ima hibrid 54 50 % genov pietraina.

Tabela 4: Ocenjene razlike v vsebnosti skatola pri merjasceh vključenih v poskus

Razlika po genotipu	Ocenjena razlika (ppm)	Standardna napaka (ppm)	p - vrednost
Prva skupina (20 analiz)			
44 - 11	-0.13	0.10	0.1975
44 - 54	-0.14	0.09	0.1505
54 - 11	0.01	0.09	0.8952
Druga skupina (72 analiz)			
44 - 11	-0.25	0.10	0.0158
44 - 22	-0.18	0.11	0.0931
44 - 55	-0.10	0.10	0.3426
44 - 54	-0.13	0.10	0.2105
54 - 55	-0.03	0.10	0.7595
54 - 11	-0.16	0.10	0.1341
54 - 22	-0.09	0.11	0.4273
55 - 11	-0.12	0.10	0.2178
55 - 22	-0.05	0.11	0.6110
22 - 11	-0.07	0.11	0.5115
Tretja skupina (83 analiz)			
44 - 54	0.01	0.08	0.8969

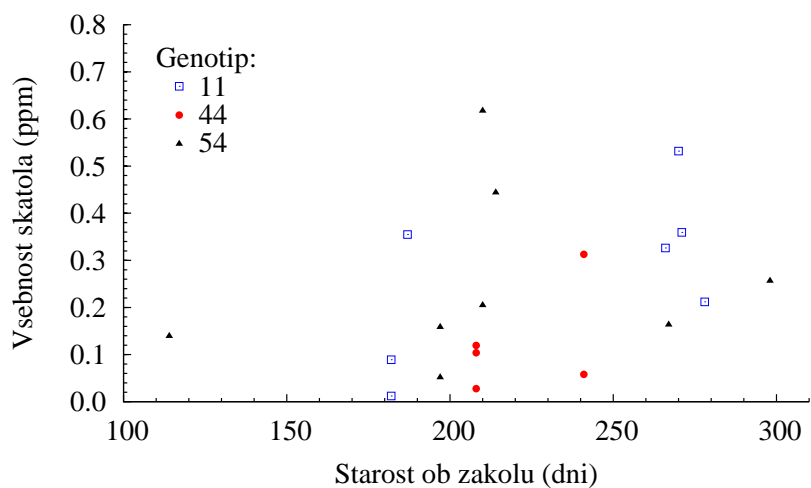
5.3.2 Vpliv starosti

Starost ni vplivala na vsebnost skatola (tabela 5). Najbližje značilnemu vplivu je bila starost pri prvi skupini ($p=0.1537$), kjer naj bi imeli starejši merjasci več skatola v maščobi. Tudi

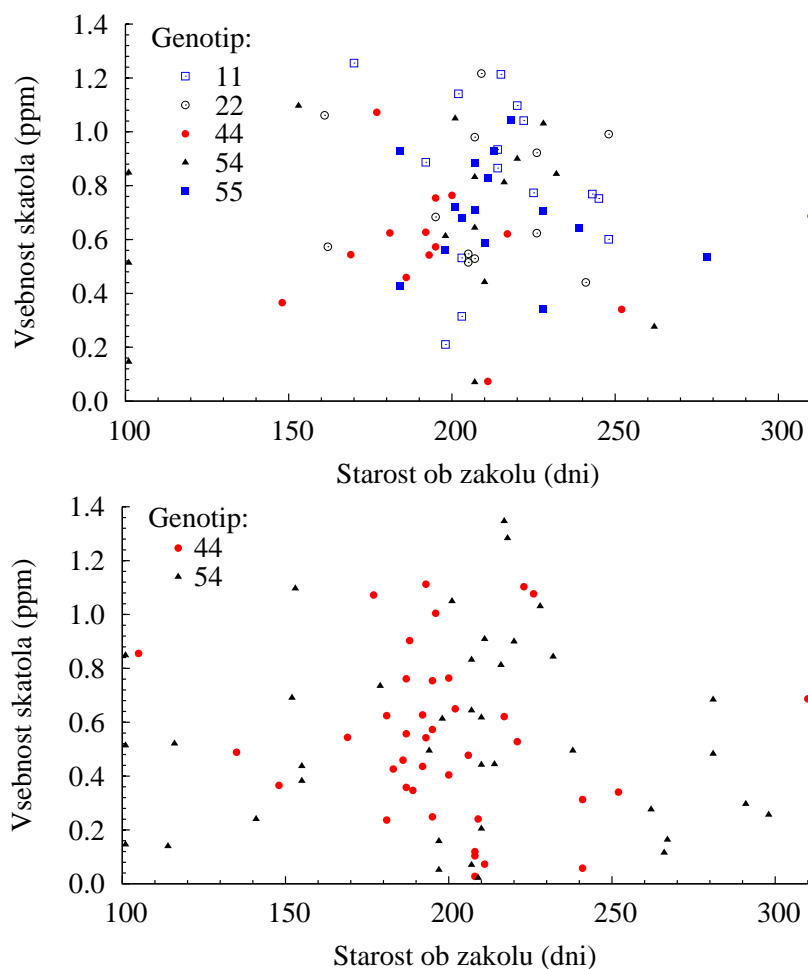
na slikah 2 in 3 ne vidimo povezave med starostjo in genotipi, niti znotraj posameznega genotipa. V več raziskavah navajajo spreminjanje vsebnosti skatola s starostjo (Babol in sod., 2004; Zamaratskaia in sod., 2004; Whittington in sod., 2004), kar bi lahko bilo povezano tudi s spolnim dozorevanjem (Tajet in sod., 2006). S puberteto merjascev namreč naraste vsebnost androstenona, ki je prekursor za vsebnost skatola v maščobi. Za predelavo mesa je tako pomembno, da se zakoljejo mlajše živali še pred spolno zrelostjo.

Tabela 5: Vpliv starosti merjascev na vsebnost skatola

Poskus	Regresijski koeficient (ppm/dan)	Standardna napaka (ppm/dan)	p - vrednost
Prva skupina	0.0013	0.0009	0.1537
Druga skupina	-0.0002	0.0010	0.8739
Tretja skupina	-0.0002	0.0009	0.7798



Slika 2: Vpliv starosti na vsebnost skatola v maščobi merjascev pri prvi skupini



Slika 3: Vpliv starosti na vsebnost skatola v maščobi merjascev pri drugi in tretji skupini

5.4 Zaključki

Na vonj mesa po merjascu vpliva več dejavnikov. Na vsebnost skatola lahko vplivamo z urejenim okoljem reje kot tudi z krmo živali. Ugotovljeni pa so bili tudi vplivi pasme in telesne mase oziroma starosti živali.

V našem poskusu se je glede na genotip merjascev pokazala razlika med genotipoma 44 in 11, kjer je imel 44 manjšo vsebnost skatola v hrbtni podkožni maščobi. Rezultata pa ne moremo pripisovati le razlikam med genotipoma, saj ne smemo pozabiti, da je možna večja

vsebnost skatola v maščobi pri poletu zaklanih merjascih. Poleg tega tudi pogoji reje za vse živali niso bili izenačeni.

Vsebnost skatola je bila visoka. Starost merjascev med 100 in 300 dnevi na vsebnost skatola v maščobi ni vplivala. Znano je, da imajo 200 dni stari merjasci najvišjo vsebnost skatola v maščobi, kar je lahko povezano s spolno zrelostjo in s tem povečano vsebnostjo androste-nona, ki vpliva na vsebnost skatola. Tako je primerno, da se merjasci za predelavo v mesne izdelke zakoljejo mlajši oziroma pred spolno zrelostjo.

5.5 Viri

- Babol J., Squires J. 1995. Quality of meat from entire male pigs. *Food Res. Int.*, 28: 201–212.
- Babol J., Zamaratskaia G., Juneja R., Lundström K. 2004. The effect of age on distribution of skatole and indole levels in entire male pigs in four breeds: Yorkshire, Landrace, Hampshire and Duroc. *Meat Sci.*, 67: 351–358.
- Chen G., Zamaratskaia G., Andersson H.K., Lundström K. 2007. Effect of raw potato starch and live weight on fat and plasma skatole, indole and androstenone levels measured by different methods in entire male pigs. *Food Chem.*, 101: 439–448.
- Deslandes B., Gariépy C., Houde A. 2001. Review of microbiological and biochemical effect of skatole on animal production. *Livest. Prod. Sci.*, 71: 193–200.
- Diaz G.J. 2000. Hepatic in vitro metabolism of 3-methylindole in pigs. PhD Dissertation. Guelph, University of Guelph, The Faculty of Graduate Studies: 142 str.
- Doran E., Whittington F.W., Wood J.D., McGivan J.D. 2002. The relationship between adipose tissue skatole levels, rates of hepatic microsomal skatole metabolism and hepatic cytochrome P450IIE1 expression in two breeds of pig. *Anim. Sci.*, 74: 461–468.
- Godt J., Kristensen K., Poulsen C.S., Juhl H.J., Bech A.C. 1996. A consumer study of Danish entire male pigs. *Fleischwirtschaft*, 76: 378–380.
- Hansen L.L., Larsen A.E., Jensen B.B., Hansen-Møller J., Barton-Gade P. 1994. Influence of stocking rate faeces deposition in the pen at different temperatures on skatole concentration (boar taint) in subcutaneous fat. *Anim. Prod.*, 59: 99–110.
- Hansen-Møller J., Andersen J.R. 1994. Boar taint - analytical alternatives. *Fleischwirtschaft*, 74: 963–966.
- Hawe S.M., Walker N., Moss B.W. 1992. The effect of dietary fibre, lactose and antibiotic on the levels of skatole and indole in faeces and subcutaneous fat in growing pigs. *Anim. Prod.*, 54: 413–419.

- Lundström K., Malmfors B., Malmfros G., Stern S., Petersson H., Mortensen A.B., Sørensen S.E. 1988. Skatole, androstenone and taint in boars fed two different diets. *Livest. Prod. Sci.*, 18: 55–67.
- Lundström K., Malmfors B., Stern S., Rydhmer L., Eliasson-Selling L., Mortensen A.B., Mortensen H.P. 1994. Skatole levels in pigs selected for high lean tissue growth rate on different dietary protein levels. *Livest. Prod. Sci.*, 38: 125–132.
- Mortensen A.B., Sørensen S.E. 1984. Relationship between boar taint and skatole determined with a new analysis method. V: *Proceedings of the 30th European Meeting of Meat Research Workers, Bristol, 9.-14. sept. 1984.* Roskilde, Danish Meat Research Institute: 394–396.
- SAS Inst. Inc. 2001. *The SAS System for Windows, Release 8.02.* Cary, NC.
- Tajet H., Andresen Ø., Meuwissen T. 2006. Estimation of genetic parameters of boar taint; skatole and androstenone and their correlations with sexual maturation. *Acta Vet. Scand.*, 48: S9.
- Whittington F.M., Nute G.R., Huges S.I., McGivan J.D., Lean I.J., Wood J.D., Doran E. 2004. Relationship between skatole and androstenone accumulation, and cytochrome P4502E1 expression in Meishan x Large White pigs. *Meat Sci.*, 67: 569–576.
- Xue J., Dial G.D., Holton E.E., Vickers Z., Squires E.J., Lou Y., Godbout D., Morel N. 1996. Breed differences in boar taint: relationship between tissue levels boar taint compounds and sensory analysis of taint. *J. Anim. Sci.*, 74: 2170–2177.
- Zamaratskaia G., Babol J., Andersson H., Lundström K. 2004. Plasma skatole and androstenone levels in entire male pigs and relationship between boar taint compounds, sex steroids and thyroxine at various ages. *Livest. Prod. Sci.*, 87: 91–98.
- Zamaratskaia G., Babol J., Andersson H.K., Andersson K., Lundström K. 2005. Effect of live weight and dietary supplement of raw potato starch on levels of skatole, androstenone, testosterone and oestrone sulphate in entire male pigs. *Livest. Prod. Sci.*, 93: 235–243.
- Žemva M. 2010. *Kakovost mesa in maščobnega tkiva slovenskih lokalnih genotipov prašičev.* Dokt. disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Bioteh. fakulteta, Odd. za zoot.: 136 str.