

Pitanje prašičev na večjo težo in predelava mesa v izdelke posebne kakovosti

PRIKAZI IN INFORMACIJE 285



Univerza v Ljubljani
Biotekniška fakulteta



Univerza v Mariboru

Fakulteta za kmetijstvo
in biosistemske vede

Ljubljana 2015

Izdal in založil:
KMETIJSKI INŠTITUT SLOVENIJE
Ljubljana, Hacquetova ulica 17

Uredile:
dr. Maja PREVOLNIK POVŠE, univ. dipl. inž. kmet.
dr. Urška TOMAŽIN, univ. dipl. inž. zoot.
dr. Marjeta ČANDEK-POTOKAR, univ. dipl. inž. zoot.

Urednica zbirke: Lili MARINČEK, univ. dipl. inž. zoot.

Akvarel na naslovnici: mag. Blaž ŠEGULA, dr. vet. med.

Publikacija bo izšla v elektronski obliki in bo objavljena na spletnih strani
Kmetijskega inštituta Slovenije <http://www.kis.si>

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

636.4.084.52(0.034.2)
637.5:636.4(0.034.2)

PITANJE prašičev na večjo težo in predelava mesa v izdelke posebne kakovosti
[Elektronski vir] / uredile Maja Prevolnik Povše, Urška Tomažin, Marjeta Čandek-Potokar.
- El. knjiga. - Ljubljana : Kmetijski inštitut Slovenije, 2015. - (Prikazi in informacije /
Kmetijski inštitut Slovenije ; 285)

ISBN 978-961-6505-78-9 (pdf)
1. Prevolnik Povše, Maja
280377600

Spremna beseda

Tržno usmerjena slovenska prašičereja, ki temelji pretežno na intenzivnem proizvodnem sistemu velikih farm, se na trgu uveljavlja predvsem s proizvodom, kjer je konkurenca najhujša, dodana vrednost pa najmanjša; to je na trgu svežega mesa. Razvoj prašičereje v zadnjih 25 letih je pokazal na vse šibkosti nosilcev dejavnosti in organiziranosti slovenske prašičereje, katere rezultat je kritično nizka stopnja samooskrbe. Reja prašičev na družinskih kmetijah se v vseh letih od uvedbe tržnega gospodarstva ni ustrezno razvijala, vzroki za to so mnogi in različni, med pomembne pa gotovo spada tudi dejstvo, da ima Slovenija omejene naravne danosti za prašičerejo (agro-klimatski pogoji za pridelovanje žit so omejeni). Z omejenim potencialom, ki ga ima slovenski kmet v smislu zagotavljanja krmne baze, ter ob slabi organiziranosti panoge (prešibka vloga zadrug) je težko konkurirati prašičerejskim velesilam.

Za trajnostni razvoj in obstoj panoge ter njeno večjo konkurenčnost je potrebno iskati potenciale tudi v alternativnih rešitvah (npr. prašičereja kot dopolnilna dejavnost), kamor sodi diverzifikacija in oskrba prebivalstva s proizvodi posebne (višje) kakovosti, najsi gre za proizvode z geografskim poimenovanjem, tradicionalne proizvode ali blagovne znamke kot tudi ekološke proizvode. Prašičereja je lahko dopolnilna dejavnost na kmetiji, ki uporablja za krmno bazo različna lokalno razpoložljiva krmila in stranske produkte živilsko-predelovalne industrije. Ne glede na sistem reje (intenziven, ekstenziven, ekološki) je ključnega pomena dobro poznavanje prednosti in pomanjkljivosti genotipov (pasem), potrebe prašičev po hranilnih snoveh, sestavo in kakovost uporabljene krme, zakonitosti prehrane prašičev itd. Pričakovati je mogoče, da bo v prihodnosti trajnost sistemov reje prašičev odvisna od lokalno razpoložljivih krmnih virov, ki se, zaradi različnih naravnih agro-klimatskih danosti, razlikujejo od regije do regije. V tem kontekstu bodo na pomenu pridobile tudi lokalne pasme prašičev (kot je krškopoljski prašič), saj so bolj prilagojene ekstenzivnemu načinu reje in lokalno razpoložljivim prehranskim virom. Tradicionalni izdelki iz prašičjega mesa, ki pogosto predstavljajo kulinarično dediščino regije, imajo poseben ugled pri potrošnikih zaradi značilne kakovosti. Vrhunsko ali posebno kakovost mesnin, še posebej sušenih, je praktično nemogoče zagotoviti s standardnim pitancem iz intenzivne reje, in je torej tehnologijo reje prašičev potrebno prilagoditi. Pričujoči priročnik predstavlja povzetek ključnih informacij oziroma temeljnih znanj potrebnih za razumevanje zakonitosti ter za podporo pri vzpostavljanju tovrstnim proizvodom prilagojenih sistemov reje prašičev. Publikacija je nastala v okviru projekta V4-1417¹, ki ga financirata Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije.

Marjeta Čandek-Potokar

¹ Tehnologije reje prašičev in uporaba alternativnih krmil in naravnih dodatkov za namene proizvodov višje kakovosti v konvencionalnih in ekoloških rejah

Kazalo vsebine

Maja Prevolnik Povše, Martin Škrlep, Urška Tomažin, Nina Batorek Lukač in Marjeta Čandek-Potokar:

Poglavje 1 Lastnosti prašičjega mesa za predelavo v izdelke višje kakovosti5

Martin Škrlep, Maja Prevolnik Povše, Nina Batorek Lukač, Urška Tomažin in Marjeta Čandek-Potokar:

Poglavje 2 Genetski vplivi na tehnološko kakovost mesa 18

Janez Salobir in Vida Rezar:

Poglavje 3 Prehrana pitancev: mesnatost, kakovost mesa in slanine 36

Vida Rezar in Janez Salobir:

Poglavje 4 Beljakovinska in druga alternativna krmila in njihovi stranski proizvodi v pitanju prašičev 64

Martin Škrlep, Maja Prevolnik Povše, Nina Batorek Lukač, Urška Tomažin in Marjeta Čandek-Potokar:

Poglavje 5 Postopki s prašiči pred in po zakolu 80

Nina Batorek Lukač, Martin Škrlep, Urška Tomažin, Maja Prevolnik Povše in Marjeta Čandek-Potokar:

Poglavje 6 Alternative kastraciji pujskov pri pitanju na večjo težo 94

Dejan Škorjanc, Maja Prevolnik Povše in Maksimiljan Brus:

Poglavje 7 Prašičereja na ekološki kmetiji 118

Vida Rezar, Mojca Voljč, Tamara Korošec, Urška Tomažin in Janez Salobir:

Poglavje 8 Rastlinske bioaktivne snovi v prehrani prašičev 131

Urška Tomažin, Martin Škrlep, Maja Prevolnik Povše, Nina Batorek Lukač in Marjeta Čandek-Potokar:

Poglavje 9 Vloga soli in nitritov v mesninah in možnosti za njihovo zmanjšanje 153

Marjeta Čandek-Potokar, Urška Tomažin, Martin Škrlep, Maja Prevolnik Povše in Nina Batorek Lukač:

Poglavje 10 Tehnologija reje kot temelj za zaščito EU oznak in blagovnih znamk.... 168

Viktor Jejčič:

Poglavje 11 Tehnologije reje z vidika porabe energije in izpustov 180

Poglavje 1

Lastnosti prašičjega mesa za predelavo v izdelke posebne ali višje kakovosti

Maja Prevolnik Povše^{1*}
Martin Škrlep²
Urška Tomažin²
Nina Batorek Lukač²
Marjeta Čandek-Potokar^{1,2}

Povzetek. Mesni proizvodi posebne (ali višje) kakovosti (najpogosteje so to sušene mesnine) predstavljajo tržno nišo, ki je pomembna za trajnostni razvoj, obstoj in večjo konkurenčnost slovenske prašičereje. Običajno je povezano s pitanjem prašičev na večjo težo in starost oziroma s posebnim načinom reje, tako prirejeno meso je primernejše za predelavo v izdelke posebne (ali višje) kakovosti. Ključne lastnosti tehnološke kakovosti so vrednost pH in sposobnost za vezavo vode, barva, vsebnost in kakovost maščob, pri izdelkih iz celih kosov pa je pomembna še teža kosa mesa (npr. stegna) in zunanji videz (odsotnost vidnih napak). Najbolj reprezentativen predstavnik proizvodov posebne kakovosti je pršut.

1 Uvod

Kakovost mesa je zelo širok pojem, ki zajema različne vidike kot so prehranska vrednost, senzorična kakovost, mikrobiološka ustreznost, socioetični vidik (način pridelave, skrb za okolje in živali) itd. Pri prašičjem mesu, katerega velik delež je namenjen predelavi v mesne izdelke, je pomemben vidik kakovosti primernost mesa za nadaljnjo predelavo oziroma t.i. tehnološka kakovost mesa. Kakovostne mesne izdelke je mogoče izdelati le iz kakovostne surovine. V prispevku predstavljamo lastnosti prašičjega mesa, ki so pomembne za predelavo v izdelke. Te lastnosti so zlasti pomembne pri izdelavi izdelkov posebne (vrhunske) kakovosti. Surovino za tovrstne izdelke je zelo težko ali celo nemogoče zagotoviti s standardnim pitancem (konvencionalnim pitanjem do običajnih tež okoli 100 kg).

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče

² Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana

* maja.prevolnik@um.si (Maja Prevolnik Povše)

2 Predelava mesa v mesne izdelke

Predelava mesa v sušene mesne izdelke je star način konzerviranja, kjer s pomočjo soljenja/razsoljevanja in sušenja mesa dosežemo dolgo obstojnost. Sušene mesnine predstavljajo enega najbolj reprezentativnih oziroma značilnih tradicionalnih živil, za katere je značilna široka paleta vonjev, okusov in tekstur. Tovrstni izdelki pomembno prispevajo k lokalni ekonomiji ter kulturni in gastronomski dediščini. Uporabljajo se različni deli živali/kosi mesa (stegno, potrebušina, pleče itd.), regionalno pa se izdelki razlikujejo v načinu oziroma postopku izdelave. Za severne dežele je značilno dimljenje in krajše zorenje, v južnih predelih pa obratno - dolgo obdobje zorenja brez dimljenja (Ockerman in sod., 2002; Toldrá, 2002).

Mesne izdelke lahko pripravljamo iz celih/integralnih kosov (npr. pršut, šunka, panceta, sušena vratovina) ali iz mešanice mletega mesa in slanine, ki jo polnimo v ovitke (npr. suhe salame, klobase). Med izdelke posebne kakovosti se uvrščajo zlasti sušeni mesni izdelki iz celih kosov. Pod pojmom proizvodi posebne kakovosti razumemo široko paleto proizvodov kot so ekološki, tradicionalni proizvodi, proizvodi z zaščito geografskega porekla, blagovne znamke in drugi izdelki, ki izstopajo v smislu kakovosti. Za izdelavo kakovostnega mesnega izdelka je bistvenega pomena kakovostna surovina (Slika 1), ki jo je praktično nemogoče zagotoviti s standardnim pitancem iz konvencionalne reje. S tega vidika je pomembno pitanje prašičev na višjo težo oziroma starost in izkoriščanje lokalnih resursov (krma, pogoji reje, pasme).

Zaželena tehnološka kakovost je v splošnem enaka ne glede na vrsto proizvoda, vendar pa je kakovostna surovina še posebej pomembna v primeru mesnih izdelkov iz celih kosov v primerjavi z izdelki iz zmletega mesa. Bistvena razlika med skupinama je v tem, do pri integralnih kosih na končno kakovost vplivajo le endogeni biokemični procesi, medtem ko ima pri izdelkih iz razdetega/mletega mesa pomembno vlogo pri oblikovanju senzorične kakovosti prisotna mikroflora oziroma biokemične reakcije, ki se odvijajo zaradi njenega delovanja. Kakovost surovine je odločilen dejavnik, ko je postopek standardiziran in ustrezno obvladan, oziroma, kadar vključuje predelava le dodajanje soli in spremljanje zunanjih pogojev (temperature, vlage). Tipičen tovrsten izdelek je pršut, zaradi česar smo ga izbrali kot modelni primer. Kakovost mesa, ki je ustrezna za pršut, je primerna tudi za druge sušene mesnine. Za lažje razumevanje pomena posameznih lastnosti na končno kakovost izdelka v nadaljevanju na kratko predstavljamo potek izdelave pršuta.

Postopek izdelave pršuta. Izdelava pršuta se sestoji iz več zaporednih faz (soljenje, počivanje, sušenje in zorenje), v katerih potekajo intenzivni biokemijski procesi. Ključne spremembe, ki se pojavljajo v procesu predelave mesa v mesne izdelke so izguba vode, navzemanje soli, proteoliza in lipoliza. V začetni fazi (soljenje) voda, ki intenzivno izhaja iz izdelka, raztaplja sol, ki potem difundira v notranjost (izmenjava vode in soli). V kasnejših fazah predelave pride do izgube vode zaradi izhlapevanja s površine in uravnoteženja znotraj izdelka (Toldrá, 2002). Mišične beljakovine so podvržene intenzivni razgradnji (proteolizi), kar ima za posledico precejšnje količine krajših peptidov in prostih aminokislin (Toldrá in sod., 2000). Opisan proces vpliva tako na teksturo izdelka zaradi razgradnje velikih citoskeletnih in miofibrilarnih proteinov, kakor tudi na razvoj posebnega okusa in vonja, katerih nosilci so med drugim peptidi in amino kisline. Glavne proteolizne spremembe pripisujemo delovanju endogenih endopeptidaz

(katepsinov B, D, H in L ter v manjši meri kalpainov) in eksopeptidaz (peptidaz in aminopeptidaz; Toldrá in Flores, 2000). Večina teh encimov obdrži precejšnjo stopnjo aktivnosti med dolgim procesom predelave in predstavlja pomemben dejavnik pri spreminjanju kemijske sestave mišičnega tkiva (tj. tvorbe večjih količin krajših peptidov in prostih aminokislin; Toldrá in sod., 1992; Sárraga in sod., 1993; Toldrá in sod., 1993; Parreño in sod., 1994). Proteoliza je do določene mere koristna za senzorično kakovost pršuta, če pa je preveč intenzivna, lahko vodi do senzoričnih napak kot sta pretirana mehkoča in pastoznost, ki ju spremljajo neprijeten vonj in tuji okusi (Parolari in sod., 1988 in 1994; Virgili in sod., 1995a; Arnau in sod., 1998; Garcia-Garrido in sod., 2000). Poleg beljakovin so tudi maščobe mišičnega in maščobnega tkiva podvržene razgradnji (lipolizi) z lipolitičnimi encimi. Razgradni produkti lipolize se nadalje oksidirajo, pri čemer nastanejo številne hlapne in nehlapne aromatske spojine, ki so ključne za razvoj arome izdelka (njihova koncentracija se povečuje z daljšanjem zorenja; Antequera in sod., 1992; Barbieri in sod., 1992; Ventanas in sod., 1992; Buscailhon in sod., 1994a in 1994b; Ruiz in sod., 1999). Razmere v mišici kot so vrednost pH, koncentracija soli, vsebnost vode, aktivnost vode, temperatura itd. so ključni dejavniki, ki vplivajo na encimsko aktivnost in posledično na kakovost končnega izdelka - razvoj značilne teksture in okusa/arome izdelka.

3 Tehnološka kakovost mesa prašičev za predelavo v izdelke posebne ali višje kakovosti

Pojem kakovosti prašičjega mesa je zelo širok in odvisen od mesta v verigi prireje in predelave mesa (rejec, mesnopredelovalna industrija, potrošnik). S stališča rejcev je količina pred kakovostjo, saj sta teža in mesnatost klavnega trupa osnova za plačilo. Potrošnikom je pomembna senzorična kakovost (izgled, barva, mehkoča, sočnost itd.) in prehranska vrednost mesa (vsebnost beljakovin, maščob, vode, vsebnost vitaminov, antioksidantov, nenasičenih maščobnih kislin itd.) ali drugi vidiki kakovosti (kot npr. vpliv za okolje ali zagotavljanje dobrega počutja živali). Z vidika mesnopredelovalne industrije pa je ključnega pomena primernost mesa za nadaljnjo predelavo (t.i. tehnološka kakovost mesa), vendar pa mora upoštevati tudi želje in zahteve potrošnikov, ki so lahko v neskladju s tehnološkimi potrebami (npr. kakovost maščob in vsebnost soli).

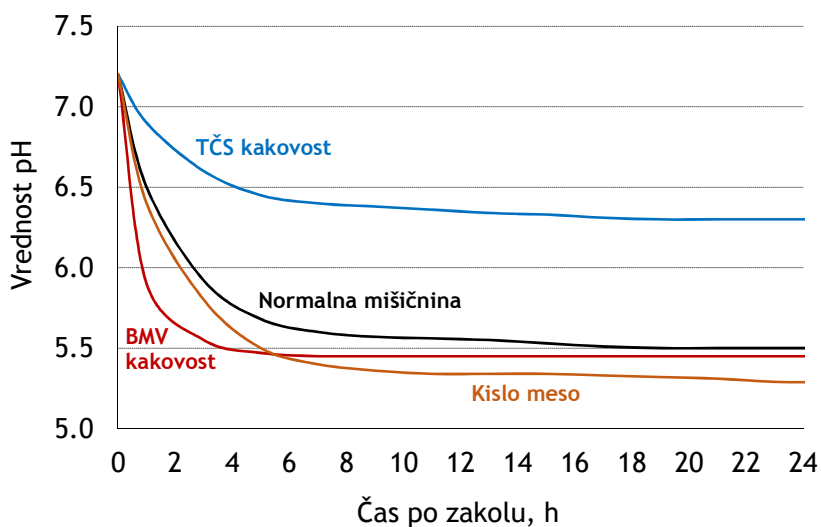
Lastnosti mesa, ki določajo primernost mesa za proces predelave v izdelke, so predvsem fizikalno-kemične narave (pH, sposobnost za vezavo vode, kemijska sestava in aktivnost encimov). Pri najbolj reprezentativnem predstavniku proizvodov posebne kakovosti (pršutu) nas zanimajo še teža stegna, količina in kakovost podkožne in intramuskularne maščobe ter zunanji videz (odsotnost vidnih napak). Za večino naštetih lastnosti velja, da obstaja optimalno območje, v katerem govorimo o ustrezni tehnološki kakovosti, izven tega območja (odstopanje bodisi navzgor ali navzdol) pa je meso manj primerno ali celo neprimerno za predelavo v izdelke.

3.1 Vrednost pH

Vrednost pH je ena izmed najpomembnejših lastnosti mesa. Vrednost pH (pa tudi hitrost in obseg znižanja pH po zakolu) vpliva na aktivnost encimov, sposobnost za vezavo vode, strukturo in barvo mesa.

V mišici žive živali je vrednost pH v nevtralnem območju ($\approx 7,3$). Po zakolu se zaradi anaerobne razgradnje glikogena v laktat vrednost pH znižuje (Slika 1). V normalnih

razmerah je vrednost pH 30-60 minut po zakolu (pH1) med 5,8-6,0. Hitra razgradnja glikogena kot posledica stimulirane aktivnosti encima mATPaza (npr. zaradi akutnega stresa neposredno pred zakolom ali genetske predispozicije (gen RYR1) povzroči izjemno hitro znižanje vrednosti pH (v skrajnih primerih pod 5,5 v prvi uri po zakolu), ki skupaj z visoko temperaturo trupa vodi v denaturacijo beljakovin (ki izgubijo sposobnost vezave vode) in razvoj bledega, mehkega (destrukturiranega) in vodenelega mesa - anomalije v kakovosti mesa, poznane kot BMV kakovost. Obseg znižanja vrednosti pH po smrti (=končni pH ali pHu) je določen z vsebnostjo glikogena v mišici v trenutku zakola. Normalna vrednost pHu v prašičjem mesu se giblje med 5,5 in 5,8 (odvisno od tipa mišice, oksidativne mišice imajo manj razpoložljivega glikogena in torej višje končne vrednosti pH). Večja kot je zaloga glikogena v mišici ob zakolu, nižja je končna pH vrednost. Pomanjkanje glikogena ob zakolu (npr. zaradi dolgega posta, transporta ipd.) rezultira v visoki končni vrednosti pH (>6,0), kar je povezano s temnejšo barvo in večjo sposobnostjo za vezavo vode, ki lahko v skrajnih primerih vodi v anomalijo v kakovosti, imenovano trdo, čvrsto in suho meso (TČS kakovost). Obratno je nizka vrednost pHu kot posledica velikih zalog glikogena ob zakolu (primer je mutacija gena RN-, prisotna predvsem pri pasmi hemsšir) povezana s slabo sposobnostjo mesa za vezavo vode in svetlo barvo (t.i. kislo meso). Med najpomembnejšimi dejavniki, ki vplivajo na vrednost pH oziroma pretvorbo mišice v meso, so predklavni postopki in genetski vplivi (Slika 2), ki so opisani v sledečih poglavjih (glej poglavji *Postopki s prašiči pred in po zakolu ter Genetski vplivi*).



TČS - trdo, čvrsto, suho meso; BMV - blede, mehko, vodeno meso

Slika 1: Hitrost in obseg znižanja vrednosti pH po zakolu pri prašičih

3.1.1 Vpliv vrednosti pH na sposobnost za vezavo vode, strukturo in barvo

Priporočene pH vrednosti v svežem stegnu (v mišici semimembranosus), ki je namenjeno za predelavo v pršut, se gibljejo med 5,6 in 6,2 (Arnau, 2004). Hiter padec vrednosti pH (nizek pH1) in povečan obseg znižanja vrednosti pH (nizek pHu) oziroma BMV kakovost mesa so povezani z večjimi izgubami med predelavo in povečanim navzemanjem soli (Maggi in Oddi, 1988), kar ima za posledico bolj trd, suh in slan končni izdelek (Bañón in

sod., 1998; Tabilo in sod., 1999). Odbira prašičev za hitrejšo rast in večjo mesnatost ima za posledico večji delež glikolitičnih vlaken v mišičnimi teh živali (Karlsson in sod., 1999), kar je prav tako povezano z nižjo vrednosti pHu. V primeru nezadostnega znižanja vrednosti pH (visok pHu) oziroma TČS kakovosti meso prekomerno zadržuje vodo, kar je neugodno z vidika predelave mesa v sušene mesne izdelke. Povečano zadrževanje vode zavira navzemanje soli, zaradi česar je povečana možnost bakterijskega kvara (slaba mikrobiološka obstojnost izdelkov). Takšno meso za predelavo v sušene mesnine ni primerno.

3.1.2 Vpliv vrednosti pH na encimsko aktivnost

Nižje vrednosti pH povzročijo razgradnjo lizosomov in posledično sproščanje lizosomalnih encimov v mišično tkivo (O'Halloran in sod., 1997). Prav tako lahko nizka vrednost pH poveča aktivnost določenih encimov (katepsinov), kar lahko vodi do prekomerne proteolize (Guerrero in sod., 1999; Schivazappa in sod., 2002) in težav s pastoznostjo. Višje vrednosti pH in/ali TČS kakovost, kot že omenjeno, povzročijo večje zadrževanje vode v mesu (Guerrero in sod., 1999) in s tem manjše navzemanje soli (Ramos in sod., 2007). Posledica tega je povečana aktivnost vode (a_w ; Morales in sod., 2007) in zmanjšano zaviranje encimske aktivnosti, kar ustvarja ugodne pogoje za prekomerno aktivnost proteolitičnih encimov. Prenizke kot tudi previsoke pH vrednosti tako preko različnih mehanizmov vodijo v enak rezultat - prekomerno proteolizo. Le-ta predstavlja enega večjih problemov v proizvodnji pršuta. Povezana je s poslabšano teksturo oziroma nesprejemljivo mehko teksturo (imenovano tudi pastoznost, ki povzroča neugoden občutek v ustih ob zauživanju pršuta), neprijetnim okusom (grenkoba, kovinski okus), oblikovanjem tirozinskih kristalov in pojavom belega filma na površini vakuumsko pakiranega pršuta (Parolari in sod., 1988 in 1994; Toldrá in sod., 1990; Arnau in sod., 1994; Virgili in sod. 1995a in 1995b). Po Virgili in Schivazappa (2002) so k povečani proteolizi bolj nagnjeni pršuti z nizkim končnim pH, ki lahko vodi do poslabšanja teksture v zorjenih pršutih. Poleg pH obstajajo še številni drugi dejavniki, ki so povezani z encimsko aktivnostjo (starost prašičev, teža, način krmljenja, prehrana, genetski tip in predklavni postopki; Virgili in Schivazappa (2002)).

3.2 Količina in kakovost podkožne in medmišične maščobe

Maščoba je pomemben dejavnik tehnološke in senzorične kakovosti pršuta (Antequera in sod., 1992). Nahaja se v obliki različnih depojev: podkožna slanina, inter- in intramuskularna maščoba, ki so med seboj pozitivno korelirani. Za izdelavo kakovostnega izdelka je pomembna količina maščobe kot tudi njena kakovost (oziroma maščobnokislinska sestava). Pomembno je zagotoviti optimalno območje, saj imajo prenizke in previsoke vrednosti negativen vpliv.

3.2.1 Količina maščob

Debelina slanine na stegnu spada skupaj s težo stegna med najpomembnejše kriterije, na osnovi katerih poteka odbira surovine za predelavo v pršut in hkrati določata trajanje postopka predelave. Medtem ko dajejo potrošniki v državah severne Evrope prednost pustim stegnom, imajo beživalci mediteranskega področja rajši izdelke z večjo količino maščobe. Podkožna kot tudi inter- in intramuskularna maščoba predstavljajo oviro za difuzijo vode in navzemanje soli. Zadostna plast podkožne maščobe je potrebna za preprečitev hitrega sušenja (ter zaskorjenosti na površini) ter za zmanjšanje izgub med predelavo (Bosi in Russo, 2004). Ustrezna količina maščobe omogoča podaljšan čas zorenja, kar ima za posledico razvoj ugodnih senzoričnih lastnosti, zaradi katerih so taki

izdelki visoko cenjeni. V izdelkih, ki so izpostavljeni dolgotrajnemu procesu zorenja, infiltrirana maščoba in določena količina površinske maščobe namreč upočasnita proces sušenja in prepojita mišično tkivo (Russo in Nanni Costa, 1995). Maščoba je ključnega pomena za razvoj arome zaradi lipolize in naknadne oksidacije razgradnih produktov maščob (López in sod., 1992). Nenazadnje ima maščoba (predvsem intramuskularna) ugoden vpliv na sočnost (Ruiz in sod., 1998) in ustrezno mehko oziroma teksturo (Ruiz-Carrascal sod., 2000). V primeru pustejših stegen lahko tako pričakujemo večje izgube teže ter bolj slan, suh in trd izdelek (Čandek-Potokar in sod., 2002). Nasprotno je previsoka stopnja infiltracije maščobe v mišicah, zaradi vpliva na dinamiko izgube vode in navzemanja soli, povezana tudi s prekomerno mehko in pastoznostjo (Parolari in sod., 1988; Gou in sod., 1995), prav tako lahko pride do zavračanja s strani potrošnikov (zdravstveni razlogi).

3.2.2 Kakovost maščob

Maščobnokislinska sestava pršuta je pomembna z vidika senzorične in prehranske kakovosti. Z vidika kakovost maščob je v predelavi mesa v mesne izdelke pomembna vsebnost nasičenih, (enkrat, večkrat) nenasičenih maščob kot tudi posameznih maščobnih kislin. Ugotovljeno je bilo, da se s povečanjem deleža večkrat nenasičenih maščobnih kislin povečuje oljavnost in mehko maščobe v mesu in mesnih izdelkih (Warnants in sod., 1996). Povečana zamaščenost prašičev (pri pitanju na višjo težo) je povezana z višjim deležem nasičenih maščobnih kislin (Tibau in sod., 2002), kar je z vidika predelave v mesne izdelke ugodno, saj zmanjšuje pojav žarkosti in površinske oljavnosti, predvsem pri dolgem procesu zorenja (Virgili in Schivazappa, 2002; Bosi in Russo, 2004). Obratno je manjša zamaščenost povezana z večjo vsebnostjo večkrat nenasičenih maščobnih kislin, ki so bolj nagnjene k oksidaciji (Wood in sod., 2008). Maščobnokislinsko sestavo (oziroma kakovost) maščobnega tkiva lahko pri prašičih učinkovito nadzorujemo s prehrano (več informacij v poglavju *Prehrana prašičev*).

3.3 Teža stegna

Teža stegna je ključna lastnost pri odbiri surovine za predelavo v pršut. V proizvodnji pršuta se uporabljajo stegna različnih tež, odvisno od vrste izdelka; najpogosteje masa stegen variira med 9 in 14 kg. Splošno znano je, da so težja stegna zaradi manjših izgub bolj primerna za predelavo v pršut (Russo in Nanni Costa, 1995). Razlog za to ni neposredno povezan s težo stegna, saj je korelacija med težo stegna in procesnimi izgubami zelo nizka (Čandek-Potokar in sod., 2002; Ramos in sod., 2007). Gre za povezavo z zamaščenostjo stegen. Z naraščanjem starosti in teže prašiča ob zakolu se praviloma povečuje tudi zamaščenost (Čandek-Potokar in sod., 1998). To je potrdila tudi nedavna raziskava, izvedena na stegnih slovenskih komercialnih pitancev (povprečna teža stegna $11 \pm 0,9$ kg; Čandek-Potokar in Škrlep (2011)); najpomembnejši dejavnik izgub tekom predelave je bila debelina slanine, ki služi kot bariera za izhlapevanje vode, zlasti v kasnejših fazah predelave.

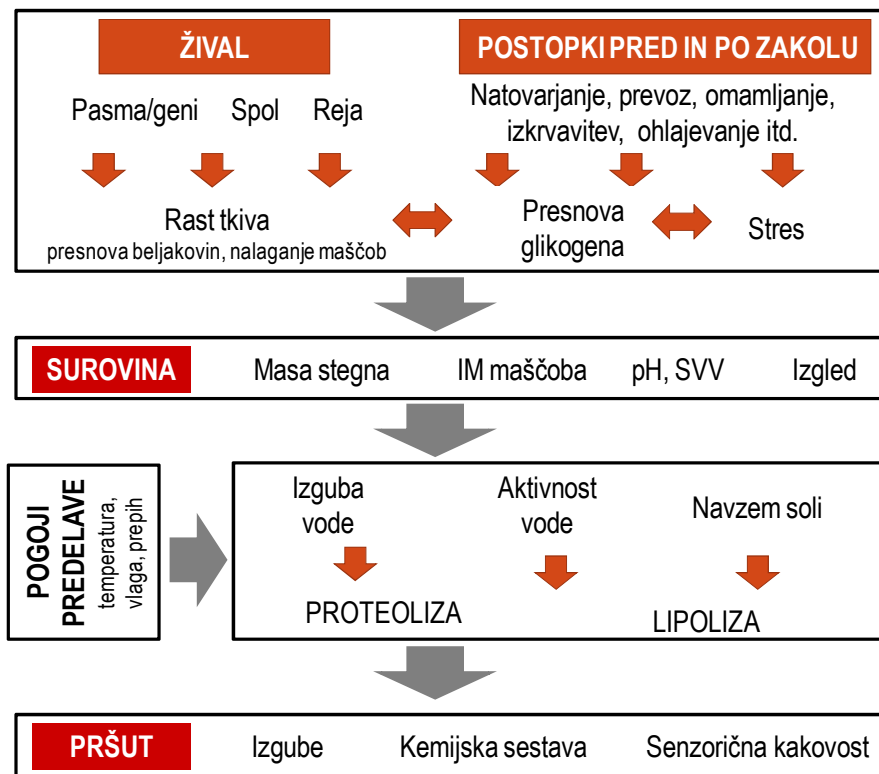
3.4 Izgled

Za predelavo v pršut so primerna le stegna brez vizualnih napak (Šegula in sod., 2007). Okvare vključujejo kožne spremembe (ureznine, raztrganine, prisotnost ščetin, blede madeže zaradi dotikanja trupov v hladilnici in pordečela koža) in napake v podkožnem sloju (npr. podkožni hematomi, jasno vidna mreža podkožnih krvnih žil - ti. "veining defect") in globljih tkivih (zlomi kosti, izpahi sklepov, krvavitve itd.). Za predelavo so neuporabna tudi stegna, ki imajo mehko in destrukturirano mišičnino (BMV kakovost) ter

stegna, pri katerih pride do ločevanja maščobnega in mišičnega tkiva ali kjer gre za izrazito dvobarvnost (Velarde in sod., 2001; Russo in sod., 2003; Giberti in sod., 2005). Večina napak v izgledu je posledica slabo (ali ne-) prilagojenih postopkov pred in po zakolu (glej tudi *Poglavje 5 - Postopki s prašiči pred in po zakolu*). Problematika predstavljenih napak je vezana na povečane možnosti za pojav bakterijskega kvara (npr. ločevanje tkiva, večji hematomi, TČS kakovost), povečevanje procesnih izgub (BMV kakovost) ali pa predstavlja le vizualne pomanjkljivosti v izgledu izdelka in s tem manjšo komercialno vrednost (npr. podkožni hematomi, mreža podkožnih krvnih žil, rdeča obarvanost kože, modrice, bele lise zaradi dotikanj, intramuskularne petehije).

4 Dejavniki, ki vplivajo na primernost mesa za predelavo v izdelke posebne kakovosti

Opisane tehnološke kakovosti mesa so odvisne od številnih dejavnikov v času reje, pred ali po zakolu (Slika 2). V nadaljevanju na kratko povzemamo vpliv starosti oziroma teže ob zakolu ter spola, vpliv ostalih dejavnikov na tehnološko kakovost pa je podrobneje predstavljen v sledečih poglavjih.



Slika 2: Shema dejavnikov, ki vplivajo na lastnosti surovine in s tem na kakovost končnega izdelka (povzeto po Čandek-Potokar in Škrlep, 2012)

4.1 Vpliv starosti oziroma mase ob zakolu

Z naraščanjem starosti prašičev se praviloma povečuje tudi teža in zamaščenost stegen (Lebret in sod., 1996; Čandek-Potokar in sod., 1998). Kot že omenjeno sta večja teža in predvsem povečana zamaščenost ugodni za proces predelave stegen v pršut zaradi zmanjševanja izgub med predelavo in izboljšanje kakovosti pršuta (Russo in Nanni Costa, 1995; Bosi in Russo, 2004). Večja zamaščenost mesa je povezana z večjo vsebnostjo intramuskularne (medmišične) maščobe in večjim deležem nasičenih maščobnih kislin, kar je prav tako ugodno za senzorično kakovost pršuta (Tibau in sod., 2002; Bosi in Russo, 2004; Lo Fiego in sod., 2010). Za stegna starejših in težjih prašičev je značilna manjša vsebnost vlage (Tibau in sod., 2002), zaradi česar se lahko zmanjša aktivnost hidrolitičnih encimov. Rezultati različnih raziskav o vplivu starosti in teže na pH vrednost in sposobnost mesa za vezavo vode niso skladni in na splošno kažejo zanemarljiv učinek. Aktivnost proteolitičnih encimov (endopeptidaz) je bistveno nižja pri zrelih prašičih (Reeds in sod., 1996). Stegna starejših in težjih prašičev so povezana z manjšo aktivnostjo katepsinov B, B+L in D (Sárraga in sod., 1993; Toldrá in sod., 1996; Virgili in sod., 2003; Sturaro in sod., 2008) in višjo aktivnostjo eksopeptidaz (piroglutamil in dipeptidil-VI) in lipaz (Toldrá in sod., 1996; Rosell in Toldrá in sod., 1998). V splošnem velja, da so za izdelke z dolgim zorenjem primernejša stegna starejših in težjih prašičev, vendar pa povečana zamaščenost omejuje trženje proizvodov. Oskrba s težkimi stegni zahteva proizvodnjo težkih prašičev, ki je draga, poleg tega je prodaja drugih delov trupa (zlasti reber) na drobno težja. Tako so na trgu številne znamke pršuta, narejenih iz stegen prašičev iz konvencionalne reje (npr. francoski Bayonne, slovenski Kraški pršut).

4.2 Vpliv spola

Preučevanje vpliva spola na proizvodnjo sušenih mesnih izdelkov zasledimo le v redkih raziskavah. Razlike vezane na spol se odražajo predvsem v stopnji zamaščenosti in z njo povezanih lastnosti. Razlike med svinjkami in kastrati niso zelo izrazite. Trupi kastratov so bolj zamaščeni v primerjavi s trupi ženskih živali, kar je povezano z večjo stopnjo marmoriranosti mesa, kar povzroči počasnejše navzemanje soli in manjše izgube med predelavo. Glavni problem, vezan na spol, je uporaba nekastriranih samcev oziroma merjascev, saj nekateri potrošniki neprijeten spolni vonj (vonj po merjascu) včasih zaznajo v sušenih mesnih izdelkih (npr. pršutu iz stegen merjascev; Diestre in sod., 1990). Poleg možnosti pojava spolnega vonja so trupi merjascev tudi bolj mesnati (in manj zamaščeni) v primerjavi s kastrati, kar je z vidika predelave mesa v izdelke in kakovosti mesnih izdelkov manj zaželeno. Primerjava pršuta iz stegen merjascev in kastratov je pokazala, da poleg eliminacije vonja po merjascu, kastracija izboljša okus, marmoriranost in mehko pršuta ter zmanjša slanost, zaradi česar je pršut bolj sprejemljiv za potrošnike (Bañón in sod., 2003).

4.3 Vpliv genetskih dejavnikov

Genetski dejavniki vključujejo predvsem pasmo oziroma genotip (npr. moderne pasme, avtohtone pasme) in prisotnost genov z velikim učinkom. Med slednjimi so za kakovost prašičjega mesa ključni geni *RYR1*, *RN* in *PRKAG3*. Vpliv genetskih dejavnikov se odraža predvsem na zamaščenosti in vrednosti pH ter z njima povezanimi lastnostmi. Več o vplivu genetskih dejavnikov najdete v *Poglavju 2 - Genetski vplivi na tehnološko kakovost prašičjega mesa*.

4.4 Vpliv ravnanja z živalmi pred in po zakolu

Ravnanje s prašiči pred in po zakolu spada med najpomembnejše dejavnike tako s strani dobrega počutja živali, kot tudi z vidika kakovosti mesa/klavnih trupov in njihove sprejemljivosti za predelavo. Večino postopkov (predvsem v povezavi z dobrim počutjem in higieno) ureja tudi veljavna evropska in nacionalna zakonodaja. Stresa v predklavnih postopkih ne moremo popolnoma preprečiti, lahko pa ga zmanjšamo na najmanjšo možno mero. Neustrezno ravnanje ima za posledico slabo počutje živali, z vidika tehnološke kakovosti mesa pa se odraža v izgledu (poškodbe itd.) in vrednosti pH in z njo povezanimi anomalijami (BMV in TČS kakovost mesa). Več o vplivu predklavnih postopkov na kakovost prašičjega mesa najdete v *Poglavju 5 - Postopki s prašiči pred in po zakolu*.

4.5 Vpliv prehrane

Prehrana pitancev odločilno vpliva ne le na mesnatost, ampak tudi na kakovost mesa in slanine ter s tem na primernost svinjine za predelavo v mesnine. Med lastnostmi tehnološke kakovosti se vpliv prehrane najbolj odraža na količini in kakovosti maščob. Več o tem si lahko preberete v *Poglavju 3 - Prehrana pitancev: mesnatost, kakovost mesa in slanine*.

5 Priporočila

Meso primerne kakovosti je predpogoj za izdelavo mesnega izdelka posebne kakovosti. Kadar se pogovarjamo o sušenih mesninah, ki jih potrošnik percipira kot vrhunske proizvode, tako znanstvena dognanja kot praksa iz tujine kažetjo, da je za zagotavljanje ustrezne tehnološke kakovosti mesa nujno definirati parametre oziroma kriterije za odbiro surovine. To velja za vse sušene mesnine, še posebej pa za tiste podvržene dolgotrajnemu zorenju, tako salame kot izdelke iz integralnih kosov (pršut, vrat, panceta). Vendar pa je treba poudariti, da je pri slednjih ta pomen še toliko bolj izrazit, saj na končno kakovost (ob pogoju obvladovanja predelave) vplivajo le endogeni dejavniki, medtem ko je pri salamah potrebno upoštevati, da ima za končni senzorični učinek izdelka izjemen pomen še sama fermentacija, to je učinek delovanja za izdelek specifične mikroflore. V splošnem za vse sušene mesnine, naj gre za integralne kose ali salame velja enako načelo, da le ustrezna tehnološka kakovost mesa in slanine omogoča izdelavo vrhunskega izdelka.

Kot dober primer pomena kontrole nad prirejo pri zagotavljanju primerne surovine za vrhunski izdelek navajamo tehnično specifikacijo za svetovno znani italijanski pršut Parma (Technical specifications for Parma ham, 2015). V omenjeni specifikaciji je natančno določen izvor živali in področje reje, to sicer samo po sebi še ne zagotavlja ustrezne surovine, omogoča pa kontrolo pri zagotavljanju njene primernosti. Hkrati kaže na potrebo, da se reja organizira v lokalnem okolju (regije, države), ki omogoča ustrezen nadzor. V tej specifikaciji so določene še druge zahteve glede (reje) prašičev in sicer predpisuje starost ob zakolu, ki mora biti vsaj 9 mesecev ter večjo težo, ki mora biti vsaj 160 kg. S tem pogojem je pravzaprav predpisana počasnejša rast živali, kar je izjemno pomembno z vidika lastnosti mesa kot so barva, vsebnost intramuskularne maščobe ter aktivnost proteolitičnih encimov. Ta zahteva prav tako posredno omogoča doseganje optimalne stopnje zamaščenosti, ki je nujni pogoj za ustrezno kakovost končnega izdelka. Hkrati je z omejevanjem krme v zadnjem obdobju rasti preprečeno pretirano zamaščevanje. V zvezi z lastnostmi stegen, ki so predpogoj za ustrezno kakovost zrelega pršuta velja še omeniti, da mora biti teža ustrezno krojenega stegna vsaj 10 kg, kar je

praktično zagotovljeno že s končno težo prašičev. Posebej velja izpostaviti pomen, ki ga specifikacija daje kakovosti maščobnega tkiva, saj zahteva, da jedno število ne presega vrednosti 70 in da vsebnost linolne kisline v maščobnem tkivu ne presega 15 % ter da je debelina podkožne slanine vsaj 15 mm (navzgor ni omejena, jo pa v praksi omejuje trg oziroma zahteve potrošnikov po manj mastnih proizvodih). Količina, predvsem pa kakovost maščobnega tkiva, je izjemnega oziroma ključnega pomena za razvoj arome, saj so maščobe prekursorji aromatičnih substanc, ki nastajajo v dolgotrajnem procesu zorenja. Kakovost maščobe pa je pri prašičih odraz prehrane oziroma krmil, ki jih krmimo. Tako npr. velja, da je za sušene mesnine potrebno omejiti količino koruze v obroku, in da je ječmen veliko primernejši (gl. Poglavje 3 o vplivu prehrane). Navajamo in interpretiramo seveda splošna priporočila, fineše in modalitete v načinu reje in prehrane pa zagotavljajo določeno raznolikost. Prav tako rejcem glede na lastno situacijo omogočeno prilagajanje, da lahko v danih okvirih vsakdo najde svojo pot. S kontrolo prireje je predelovalcem zagotovljena primerna tehnološka kakovost vhodne surovine, ki je predpogoj za izdelek visoke kakovosti. Če primerjamo te zahteve s specifikacijo zahtev pri stegnih za kraški pršut takoj opazimo, da je ta v smislu kriterijev kakovosti surovine zelo skopa, saj predpisuje le minimalno debelino podkožne slanine (vsaj 10 mm), težo stegna vsaj 9,0 kg in vrednost pH med 5,4 in 6,2. Glede na to, da izvor prašičev ni natančneje predpisan (Slovenija, EU), je kontrola načina reje, ki je ključnega pomena za doseganje primerne kakovosti stegen, zelo otežkočena, če ne nemogoča. Takšna situacija omogoča in spodbuja predelavo manj primerne surovine (iz konvencionalnega pitanja, kjer je cilj čim večji prirast ob čim manjši zamaščenosti). Želja po predelavi čim težjih stegnih ob čim tanjši slanini, pri čemer ni drugih omejitev, pravzaprav spodbuja vstop zelo konformiranih in mesnatih stegen, ki imajo bolj nenasičene maščobe (debelina slanine je obratno sorazmerno povezana z nasičenostjo maščobnih kislin) ter zaradi hitre ravnosti poudarjen proteolitični potencial, kar je slaba »vstopnica« za izdelavo izdelka vrhunske kakovosti. Z obvladovanjem postopka predelave sicer iz take surovine naredimo korekten proizvod, ne omogoča pa presežnikov v smislu senzorične kakovosti.

Viri

- Arnau J, 2004. Ham production. V: Encyclopedia of meat sciences (Ur. Jensen WK, Devine C, Dikeman M. Elsevier Academic Press, Oxford, UK, str. 557-567.
- Arnau J, Guerrero L, Sárraga C, 1998. The effect of green ham pH and NaCl concentration on cathepsin activities and sensory characteristics of dry-cured ham. J. Sci. Food Agric. 77: 387-392.
- Arnau J, Gou P, Guerrero L, 1994. Effects of freezing, meat pH and storage temperature on the formation of white film and tyrosine crystals in dry-cured hams. J. Sci. Food Agric. 68: 279-282.
- Antequera T, López-Bote CJ, Córdoba JJ, García C, Asensio MA, Ventanas J, García-Regueiro JA, Díaz I, 1992. Lipid oxidative changes in the processing of Iberian pig hams. Food Chem. 45: 105-110.
- Bañón S, Gil MD, Granados MV, Garrido MD, 1998. The effect of using PSE meat in the manufacture of dry-cured ham. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung A 206: 88-93.
- Bañón S, Gil MD, Garrido MD, 2003. The effects of castration on the eating quality of dry-cured ham. Meat Sci. 65: 1031-1037.
- Barbieri G, Bolzoni L, Parolari G, Virgili R, Buttini R, Careri M, Mangia A, 1992. Flavour compounds of dry-cured ham. J. Agric. Food Chem. 40, 2389-2394.

- Bosi P, Russo V, 2004. The production of the heavy pig for high quality processed products. *Ital. J. Anim. Sci.* 4: 309-321.
- Buscailhon S, Berdague JL, Monin G, 1994a. Time-related changes in volatile compounds of lean tissue during processing of French dry-cured ham. *J. Sci. Food Agric.* 63: 69-75.
- Buscailhon S, Berdague JL, Monin G, 1994b. Time-related changes in intramuscular lipids of French dry-cured ham. *Meat Sci.* 37: 245-255.
- Čandek-Potokar M, Monin G, Žlender B, 2002. Pork quality, processing and sensory characteristics of dry-cured hams as influenced by Duroc crossing and sex. *J. Anim. Sci.* 80: 988-996.
- Čandek-Potokar M, Škrlep M, 2011. Dry ham ("Kraški pršut") processing losses as affected by raw material properties and manufacturing practice. *J. Food Process. Pres.* 35: 96-111.
- Čandek-Potokar M, Žlender B, Lefaucheur L, Bonneau M, 1998. Effects of age and/or weight at slaughter on Longissimus dorsi muscle: biochemical traits and sensory quality in pigs. *Meat Sci.* 48: 287-300.
- Čandek-Potokar M, Arh M, 2004. Evaluating market prospects for Prekmurje dry ham in relation to consumption characteristics of dry meat products in Slovenia. V: Audiot A, Casabianca F, Monin G (ur.): Proceedings of the 5th International Symposium on the Mediterranean Pig. France, Instituto Agronomico Mediterraneo de Zaragoza, 327-332.
- Diestre A, Oliver MA, Gispert M, Arpa I, Arnau J, 1990. Consumer responses to fresh meat and meat products from barrows and boars with different levels of boar taint. *Animal Production* 50, 519-530.
- García-Garrido J, Quiles-Zafra R, Tapiador J, Luque de Castro M, 2000. Activity of cathepsin B, D, H and L in Spanish dry-cured ham of normal and defective texture. *Meat Sci.* 67, 625-632.
- Giberti M, Apicella M, Druetta P, Sapino R, Gambino F, Guarda F, 2005. Indagnie al macello sui deffeti delle cosce di suino quale motive di esclusione dalla produzione di prosciutti crudi DOP. 31st Meeting Annuale della Societa Italiana di Patologia ed Allevamento dei Suini, Mantova, Italy, 5pp.
- Gou P, Guerrero L, Arnau J, 1995. Sex and crossbreed effects on the characteristics of dry-cured ham. *Meat Sci.* 40: 21-31.
- Guerrero L, Gou P, Arnau J, 1999. The influence of meat pH on mechanical and sensory textural properties of dry-cured ham. *Meat Sci.* 52: 267-273.
- Karlsson AH, Klont RE, Fernandez X, 1999. Skeletal muscle fibres as factors for pork quality. *Livest. Prod. Sci.* 60: 255-269.
- Lebret B, Lefaucheur L, Mourou J, Bonneau M, 1996. Influence des facteurs d'élevage sur la qualité de la viande de porc. *Journées de la Recherche Porcine en France* 28: 137-156.
- Lo Fiego DP, Comellini M, Ielo MC, Tassone F, Volpeli LA, 2009. Effect of stunning voltage and scalding method on the incidence of the "red skin" defects of Parma ham. *Vet. Res. Commun.* 33 (suppl. 1): S285-S288.
- López MO, De la Hoz L, Cambero MI, Gallardo E, Reglero G, Ordóñez JA, 1992. Volatile compounds of dry-cured hams from Iberian pigs. *Meat Sci.* 31: 267-277.
- Maggi E, Oddi P, 1988. Prosciutti "PSE": possibilita di stagionatura. *Indagni preliminari. Industria Alimenti* 27: 448-459.
- Morales R, Serra X, Guerrero L, Gou P, 2007. Softness in dry-cured porcine biceps femoris muscles in relation to meat quality characteristics and processing conditions. *Meat Sci.* 77: 662-669.
- Ockerman HW, Basu L, Crespo L, Cespedes Sanchez FJ, 2002. Comparison of European and American system of production and consumption of dry cured hams. <http://www.pork.org/PorkScience/Documents/Q-DRYCURED%20HAMS.pdf> (20.6.2015)
- O'Halloran GR, Troy DL, Buckley DJ, Reville WJ, 1997. The role of endogenous proteases and the tenderization of fast glycolysing muscle. *Meat Sci.* 47: 187-210.
- Parolari G, Rivaldi P, Leonelli C, Bellatti M, Bovis N, 1988. Colore e consistenza del prosciutto crudo in rapporto alla materia prima e alla tecnica di stagionatura. *Industria Conserve* 63: 45-49.
- Parolari G, Virgili R, Schivazappa C, 1994. Relationship between cathepsin B activity and compositional parameters in dry-cured hams of normal and defective texture. *Meat Sci.* 38: 117-122.

- Parreño M, Cussó R, Gil M, Sárraga C, 1994. Development of cathepsin B, L and H activities and cystatin-like activity during two different manufacturing processes for Spanish dry-cured ham. *Food Chem.* 49: 15-21.
- Ramos AM, Serenius TV, Stalder KJ, Rothschild MF, 2007. Phenotypic correlations among quality traits of fresh and dry-cured hams. *Meat Sci.* 77: 182-189.
- Reeds PJ, Burrin DG, Wray-Chaen D, Beckett PR, Davis TA, 1996. Potential mechanisms of muscle growth regulation. *AMSA Reciprocal Meat Conference Proceedings* 49: 32-38.
- Rosell MC, Toldrá F, 1998. Comparison of muscle proteolytic and lipolytic enzyme levels in raw hams from Iberian and white pigs. *J. Sci. Food Agric.* 76: 117-122.
- Ruiz J, Ventanas J, Cava R, Andrés A, García C, 1999. Volatile compounds of dry-cured Iberian ham as affected by the length of the curing process. *Meat Sci.* 52: 19-27.
- Ruiz J, Ventanas J, Cava R, Timón ML, García C, 1998. Sensory characteristics of Iberian ham: influence of processing time and slice location. *Food Res. Int.* 31: 53-58.
- Ruiz-Carrascal J, Cava R, Andrés A, García C, 2000. Texture and appearance of dry cured ham as affected by fat content and fatty acid composition. *Food Res. Int.* 33: 91-95.
- Russo V, Lo Fiego DP, Nanni Costa L, Tassone F, 2003. Indagine sul deffetto di venatura delle cosce di suino destinate alla produzione del prosciutto di Parma. *Suinoicultura* 44: 77-82.
- Russo V, Nanni Costa L, 1995. Suitability of pig meat for salting and the production of quality processed products. *Pig News and Information* 16: 17-26.
- Sárraga C, 1992. Meat proteinases and their relation with curing. In *New technologies for meat and meat products* (ed. FJM Smulders, F Toldrá, J Flores, M Prieto), pp. 233-246. Audet Tijdschriften BV, Nijmegen, The Netherlands.
- Sárraga C, Gil M, García-Regueiro JA, 1993. Comparison of calpain and cathepsin (B, L and D) activities during dry-cured ham processing from heavy and light Large White pigs. *J. Sci. Food Agric.* 62: 71-75.
- Schivazappa C, Degni M, Nanni Costa L, Russo V, Buttazzoni L, Virgili R, 2002. Analysis of raw meat to predict proteolysis in Parma ham. *Meat Sci.* 60: 77-83.
- Specifikacija za zaščito Kraškega pršuta z geografsko označbo (št. 324-01-13/2002/66) 2013. Gospodarsko interesno združenje »Kraški pršut«.
- Sturaro E, Gallo L, Noventa M, Carnier P, 2008. The genetic relationship between enzymatic activity of cathepsin B and firmness of dry-cured hams. *Meat Sci.* 79: 375-381.
- Šegula B, Škrlep M, Čandek-Potokar M, 2007. Vzroki izločitev prašičjih stegen, namenjenih za kraški pršut. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije, 6 str.
- Tabilo G, Flores M, Fiszman SM, Toldrá F, 1999. Postmortem meat quality and sex affect textural properties and protein breakdown of dry-cured ham. *Meat Sci.* 51, 255-260.
- Technical specifications of Parma ham.
http://www.prosciuttodiparma.com/en_UK/consortium (17.6.2015)
- Tibau J, Gonzalez J, Soler J, Gispert M, Lizardo R, Mourot J, 2002. Influence du poids a l'abattage du porc entre 25 et 140 kg de poids vif sur la composition chimique de la carcasse: effets du genotype et du sexe. *Journées de la Recherche Porcine en France* 34: 121-127.
- Toldrá F, Flores M, Voyle CA, 1990. Study of white film development on the cut surface of vacuum-packed dry-cured ham slices. *J. Food Sci.* 55: 1189-1191.
- Toldrá F, Aristoy MC, Flores M, 2000. Contribution of muscle aminopeptidases to flavour development in dry-cured ham. *Food Res. Int.* 33: 181-185.
- Toldrá F, Flores M, Aristoy M-C, Virgili R, Parolari G, 1996. Pattern of muscle proteolytic and lipolytic enzymes from light and heavy pigs. *J. Sci. Food Agric.* 71: 124-128.
- Toldrá F, Flores M, 2000. The use of muscle enzymes as predictors of pork meat quality. *Food Chem.* 69: 387-395.
- Toldrá F, 2002. Dry-cured meat products. Trumbull, Food and Nutrition Press: 244.
- Toldrá F, Aristoy M-C, Part C, Cervero C, Rico E, Motilva M-J, Flores J, 1992. Muscle and adipose tissue aminopeptidase activities in raw and dry-cured ham. *J. Food Sci.* 57: 816-833.
- Toldrá F, Rico E, Flores J, 1993. Cathepsins B, D, H and L activities in the processing of dry-cured ham. *J. Sci. Food Agric.* 62: 157-161.

- Velarde A, Gispert M, Faucitano L, Alonso P, Manteca X, Diestre A, 2001. Effects of the stunning procedure and the halothane genotype on meat quality and incidence of haemorrhages in pigs. *Meat Sci.* 58: 313-319.
- Ventanas J, Córdoba JJ, Antequera T, Garcia C, López-Bote C, Asensio MA, 1992. Hydrolysis and Maillard reactions during ripening of Iberian ham. *J. Food Sci.* 57: 813-815.
- Virgili R, Schivazappa C, 2002. Muscle traits for long matured dried meats. *Meat Sci.* 62: 331-343.
- Virgili R, Degni M, Schivazappa C, Faeti V, Poletti E, Marchetto G, Pacchioli MT, Mordenti A, 2003. Effect of age at slaughter on carcass traits and meat quality of Italian heavy pigs. *J. Anim. Sci.* 81: 2448-2456.
- Virgili R, Parolari G, Schivazappa C, Bordini C, Volta R, 1995a. Effects of raw material on proteolysis and texture of typical Parma ham. *Industria Conserve* 70: 21-31.
- Virgili R, Parolari G, Schivazappa C, Soresi-Bordini M, Borri M, 1995b. Sensory and texture quality of dry-cured ham as affected by endogenous cathepsin B activity and muscle composition. *J. Food Sci.* 60: 1183-1186.
- Warnants N, Van Oeckel M, Boucqué CV, 1996. Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork tissues and its implications for the quality of the end products. *Meat Sci.* 44: 125-144.
- Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittington FM, 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Sci.* 78: 343-358.

Poglavje 2

Genetski vplivi na tehnološko kakovost mesa

Martin Škrlep^{1*}
Maja Prevolnik Povše²
Nina Batorek-Lukač¹
Urška Tomažin¹
Marjeta Čandek-Potokar^{1,2}

Povzetek. Cilj genetskega izboljševanja sodobnih pasem prašičev je bil v zadnjih desetletjih usmerjen v izboljševanje rastnosti in mesnatosti, predvsem zaradi večje cene, ki jo dosegajo bolj mesnati trupi. Vzporedno se je slabšala tehnološka kakovost in primernost prašičjega mesa za procese predelave. Trenutno je splošno sprejeto mnenje, da so stegna zelo omišičenih genotipov prašičev (npr. pietren in belgijski landras) manj primerna za predelavo v pršut. Vzrok temu je višja pojavnost BMV kakovosti mesa, pustejshe meso in tanjša podkožna maščoba, kar ima za posledico večje izgube med predelavo in slabšo kakovost končnega proizvoda. Primernost stegen za soljenje je v veliki meri povezana z učinkom mutacij na dveh genih: *RYS1* (*RYS1^T* mutacija), ki je bila najdena predvsem pri pasmah pietren in belgijski landras ter *PRKAG3* (*RN⁻* mutacija), ki je značilna za pasmo hemsšir. Poleg omenjenih genov kaže, da ima tudi gen *CAST*, ki kodira kalpastatin, poseben endogeni inhibitor kalpainov, vpliv na tehnološko kakovost mesa. V prispevku je predstavljen vpliv genetskega tipa (pasme) ter vpliv posameznih genov na tehnološko kakovost mesa, podrobneje so obravnavani trije geni, pri katerih je vpliv na tehnološko kakovost dokazan.

1 Uvod

Vpliv genotipa na kakovost prašičjega mesa se odraža v razliki med pasmami kakor tudi med posamezniki iste pasme. Razlike so lahko posledica velikega števila genov z manjšimi vplivi (poligenski učinki, ki so načeloma odgovorni za večino lastnosti kakovosti mesa), ali pa so posledica aktivnosti posameznih genov z velikim učinkom (angl. "major" genov). Slednji so precej redki oz. bolj ali manj izjema (Webb, 2000). Kadar je pri določeni lastnosti razlika v vrednostih med nosilci določene genske oblike (alela) enaka ali večja od enega standardnega odklona v primerjavi s homozigotnimi nosilci druge oblike gena, je možno, da imamo opravka z geni z velikim učinkom (Sellier in Monin, 1994). Pri prašičih sta bila v glavnem preučevana dva gena z velikim učinkom in sicer gen *RYS1* (natančneje substitucija *R615C* ali tako imenovani alel "n") in gen *RN⁻* (natančneje substitucija *R200Q* na genu *PRKAG3*), saj vplivata na kakovost mesa in kakovost klavnih trupov (Hamilton in sod., 2000). Nekatere objave (Ciobanu in sod., 2004; Stalder in sod., 2005; Krzȅcio in sod., 2005) nakazujejo še možen vpliv polimorfizma *CAST* na kakovost

¹ Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče

* martin.skrlep@kis.si (Martin Škrlep)

mesa. Otto in sod. (2007) so preučevali vpliv 12 različnih genov, ki naj bi imeli vpliv na kakovost mesa in ugotovili, da ima največji vpliv gen *RYR1*, drugi pa imajo le manjše učinke. Poleg omenjenih genov literatura navaja pri prašičih še dva potencialna gena z velikim učinkom in sicer gen za intramuskularno maščobo (Janss in sod., 1997) in gen za androstenon, substanco, ki je odgovorna za neprijeten vonj po merjascu (Fouillaux in sod., 1997).

1.1 Osnovni pojmi

Genom prašiča je sestavljen iz 38 kromosomov in približno 3×10^9 baznih parov, ki zapisujejo okrog 50.000 različnih genov. Gen se lahko locira (s pomočjo sekvenčne analize in statistične obdelave) na osnovi povezave z enim ali več genskimi označevalci (s tujko "genskimi markerji"; Webb, 2000). V zadnjem času je velik poudarek namenjen kartiranju individualnih genskih lokusov (QTL) povezanih z gospodarsko pomembnimi lastnostmi, kar lahko dopolnjuje običajne selekcijske in vzrejne metode, raziskovalcem pa omogoča prepoznavanje genov, ki so odgovorni za fenotipske spremembe (Bidanel in Rothschild, 2002). V splošnem je iskanje QTL-ov drago in zamudno, saj so za to potrebne vsaj tri generacije živali (Rathje in sod., 1997). Kljub obsežnim raziskavam, namenjenih identifikaciji genov, ostaja funkcija velike večine odkritih še neznan. Kot že omenjeno, pa lahko le-to poskusimo pojasniti z uporabo genskih označevalcev. To so fragmenti DNK (lahko pa tudi celotni geni), ki so povezani z določeno merljivo lastnostjo, vendar ni nujno, da nanjo vplivajo. Nekatere fenotipske lastnosti lahko povežemo z genetskimi polimorfizmi (različnimi genetskimi informacijami na specifičnih mestih DNK, običajno znotraj gena) s kratico imenovanimi SNP (angl. "*single nucleotide polymorphism*" oz. v slovenskem prevodu "polimorfizem posameznega nukleotida"). Na vsakem polimorfičnem mestu (lokusu) lahko najdemo dve obliki alela, ki označuje SNP. Polimorfizmi so posledica ohranjenih točkastih mutacij, ki lahko povzročijo zamenjavo aminokislin v kodirani beljakovini (Redei, 2008). Nekateri polimorfizmi lahko vplivajo na izražanje genov na ravni translacije in transkripcije, medtem ko lahko drugi spremenijo, izboljšajo, motijo ali pa onemogočijo funkcijo beljakovine. Poleg tega lahko učinek posameznega genskega polimorfizma zakrijejo interakcije z okoljem ali drugi genski dejavniki (Ibeagha-Awemu in sod., 2008). Polimorfizme lahko določimo na znanih genih s sekvencioniranjem DNK (Rapley, 2000). Najširše uporabljena metoda za določitev znanih polimorfizmov je PCR-RFLP (angl. "*polymerase chain reaction - restriction length polymorphism*"). Potem ko specifičen fragment DNK pomnožimo s PCR, ga razgradimo s posebnim restriksijskim encimom, ki se veže na specifično encimsko mesto (3' - 5' nukleotidnega zaporedja). Kot rezultat dobimo različno dolge fragmente, ki jih nato določimo z gelsko elektroforezo (Rapley, 2000). Obstajajo tudi avtomatizirane metode za ločevanje alelov kot je metoda RT-PCR (angl. "*real-time polymerase chain reaction*"). V tem primeru lahko celoten postopek pomnoževanja fragmenta DNK spremljamo s posebnimi označenimi DNK sondami, ki se selektivno vežejo na specifične alele. Ko enkrat najdemo SNP, je potrebna še njegova opredelitev s pomočjo asociacijske analize, s katero ga povežemo z lastnostjo, ki nas zanima. Ko je vzpostavljena povezava med DNK polimorfizmom in proizvodno lastnostjo, se tovrstni SNP-ji uporabljajo za selekcijo (t.i. "*marker assisted selection*" ali s kratico MAS). Izboljšanje kakovosti mesa s selektivno rejjo je težavno, zaradi česar je MAS obetavna strategija za genetsko izboljšanje (Meuwissen in Goddard, 1996).

2 Genetski tip

Cilj genetskega izboljševanja sodobnih pasem prašičev je bil v zadnjih desetletjih usmerjen v izboljševanje ravnosti, klavne lastnosti in mesnatosti (Monin in sod., 1998), vendar pa se je vzporedno slabšala tudi tehnološka kakovost in primernost mesa za procese predelave (Virgili in Schvazappa, 2002). Glavni razlog za to je dejstvo, da je plačilo, ki ga rejec prejme za prašičji trup, odvisno predvsem od mesnatosti in zamaščenosti živali, pri čemer dosegajo boljše ceno bolj mesnati trupi. Iz tega razloga se je v konvencionalnem pitanju spodbujalo pitanje mesnatih pasem. Številne raziskave kažejo, da ima genotip izjemno pomemben vpliv na kakovost mesa pri prašičih (Sellier in Monin, 1994). Med pasmami prašičev obstajajo precejšnje razlike v hitrosti rasti, sestavi klavnega trupa, prevladujočem presnovnem tipu mišic in lastnostih maščobnega tkiva. Trenutno je splošno sprejeto mnenje, da so stegna zelo omišičenih genotipov/pasem prašičev (kot npr. pietren in belgijski landras) manj primerna za predelavo v pršut. Vzrok temu je višja pojavnost BMV kakovosti mesa (bledo, mehko, vodeno meso), pusteješe meso in tanjša podkožna maščoba, kar ima za posledico večje izgube med predelavo in slabšo kakovost končnega proizvoda (Buscailhon in Monin, 1994; Russo in Nanni Costa, 1995). Pri sodobnih pasmah prašičev je primernost stegen za soljenje v veliki meri povezana z učinkom mutacij na dveh genih: *RYR1* (*RYR1^T* mutacija), ki je bila najdena predvsem pri pasmah pietren in belgijski landras ter *PRKAG3* (*RN⁻* mutacija), ki je značilna za pasmo hempšir. Med drugimi sodobnimi pasmami se je kot najprimernejša za proizvodnjo pršuta izkazala pasma durok zaradi visoke vsebnosti intramuskularne maščobe. Ta pasma ima v smislu kakovosti pršuta prednost (Oliver in sod., 1994; Guerrero in sod., 1996; Čandek-Potokar in sod., 2002; Cilla in sod., 2006), ker navzema manjše količine soli in ima nižje izgube med predelavo. Po drugi strani pa lahko višja vsebnost maščobe (predvsem intramuskularne) pri pasmi durok negativno vpliva na teksturo (Gou in sod., 1995) in senzorično kakovost pršuta (Parolari in sod., 1988). Povečana vsebnost intramuskularne maščobe ima na splošno ugoden učinek na kakovost pršuta, po drugi strani pa lahko njena povečana vsebnost znižuje sprejemljivost za potrošnike. Čandek-Potokar in sod. (1998) so v svoji raziskavi pokazali slabosti (več vidne maščobe na rezini pršuta) in prednosti (manjše navzemanje soli in procesne izgube) pri pršutih križancev s pasmo durok brez vpliva na senzorično kakovost.

V sredozemskih državah se za proizvodnjo pršuta pogosto uporabljajo tradicionalne lokalne pasme in njihovi križanci. Tradicionalne pasme, ki niso (bile) izpostavljene intenzivni selekciji na mesnatost in ravnost, so prepoznavne po večji zamaščenosti in vsebnosti intramuskularne maščobe. To je za proces predelave v pršut ugodno, kaže pa se predvsem v izboljšani senzorični kakovosti pršuta (Antequera in sod., 1992; Franci in sod., 1996, 2007; Carrapiso in sod., 2003), še posebej v kombinaciji z ekstenzivnimi sistemi reje kot so paša v gozdovih in krmljenje s škrobom bogate krmo, kot sta želod in kostanj (Coutron-Gambotti in sod., 1998; Estévez in sod., 2003). Tako je bilo npr. za pršut iz stegen iberijskih prašičev (tradicionalne pasme) ugotovljeno, da vsebuje do trikrat več intramuskularne maščobe kot pršut iz modernih pasem belih prašičev (npr. pršut "*Bayonne*" ali "*Parma*"), vendar pa se v vsebnosti skupnih lipidov v rezini bistveno ne razlikujejo (Jiménez-Colmenero in sod., 2010).

Med prašiči različnih pasem je mogoče opaziti tudi razlike v aktivnosti proteolitičnih encimov. Pri različnih linijah iberijskih prašičev so tako ugotovili nižje aktivnosti katepsinov B in H v primerjavi s številnimi sodobnimi genotipi (Cava in sod., 2004;

Hernández in sod., 2004). Nižja aktivnost endo- in eksopeptidaz, ki znižujejo vsebnost prostih aminokislin in dipeptidov, povzroča slabšo kakovost mesa pri pasmi belgijski landras v primerjavi z drugimi sodobnimi pasmami in križanji (Armero in sod., 1999a, 1999b in 1999c). Schivazappa in sod. (2002) so ugotovili večjo aktivnost katepsinov B in višjo vsebnost nebeljakovinskega dušika pri prašičih pasme durok. Visoka endopeptidazna aktivnost (katepsinov B) je povezana z napakami v teksturi in okusu, višja eksopeptidazna aktivnost pa je pomembna za tvorbo arome in tako ugodno učinkuje na kakovost pršuta (Armero in sod., 1999a).

3 Posamezni geni

Čeprav so lastnosti kakovosti klavnega trupa in mesa zelo kompleksne in v splošnem določene s številnimi geni, obstajajo tudi dobro prepoznavni genetski markerji z velikim učinkom. Nedvomno lahko vplivu pasme pripišemo določene specifične genetske mutacije pri nekaterih linijah, ki so visoko selekcionirane na mesnatost. Med njimi imajo najznačilnejše učinke na kakovost mesa in so hkrati tudi najboljše raziskani *RYR1*, *PRKAG3* (mutacija *RN⁻*) in *CAST*.

3.1 Gen *RYR1*

Gen *RYR1*, znan tudi kot "halotan gen", je odgovoren za stresni sindrom pri prašičih (PSS). Sproži se ob akutnem stresu ali ob prisotnosti anestetika halotana in povzroči mišične krče z maligno hipertermijo, kar vodi v povečano smrtnost ali pojavnost BMV kakovosti mesa. Pojav je bil ugotovljen pred več kot 50 leti. Sledila je uvedba testiranja na halotan v selekcijske programe (Rosenvold in Andersen, 2003). Razvoj molekularne genetike je kasneje omogočil odkritje vzroka mutacije na genu *RYR1*. Mutacija *RYR1^T* povzroča zamenjavo aminokislina (*Arg615Cys*) v rianodinskem receptorju (Fuji in sod., 1991), beljakovini, ki je odgovorna za sproščanje Ca^{2+} iz sarkoplazemskega retikuluma (Mickelson in sod., 1986). Ta mutacija povzroči nenadzorovano sproščanje Ca^{2+} , ki ji sledi intenzivno krčenje mišic, povišanje temperature, pospešeno posmrtno glikolizo in hitro znižanje pH vrednosti (Sellier in Monin, 1994). Vse omenjene spremembe vodijo v poslabšanje kakovosti mesa, še posebej pa hiter padec pH kmalu po zakolu skupaj z visokimi temperaturami trupa, ki povzroči denaturacijo beljakovin, kar vodi v kakovostno napako, poznano kot BMV meso. V splošnem štejemo prisotnost mutacije *RYR1* kot neugodno za predelavo stegen v pršut, saj je povezana z nižjo sposobnostjo mesa za zadrževanje vode in manjšo debelino slanine (Cherel in sod., 2010). Kljub temu je mutacija ohranjena v številnih vzrejnih sistemih zaradi ugodnega učinka na konverzijo krme in mesnatost trupa (Pommier in sod., 1992; Leach in sod., 1996; Le Roy in sod., 2000). Čeprav naj bi bil alel "n" recesiven, to velja samo glede dovtetnosti na stresni sindrom, ne pa v primeru vpliva na mesnatost in kakovost mesa; saj tudi pri heterozigotih zasledimo večjo mesnatost in slabšo kakovost mesa (predvsem slabšo sposobnost za vezavo vode). Visoko frekvenco škodljivega alela (n) kot tudi višjo pojavnost BMV kakovosti mesa zasledimo predvsem pri pasmah pietren in belgijski landras.

3.2 Gen *PRKAG3*

Gen *PRKAG3* kodira regulativno γ -podenoto AMP-odvisne proteinkinaze - encima, ki ima ključno vlogo v energijskem metabolizmu evkariontskih celic. Nahaja se na kromosomu 15. Aktivna oblika encima zavira sintezo glikogena in stimulira njegovo razgradnjo (Milan in sod., 2000). Na genu *PRKAG3* je bilo do sedaj odkritih sedem polimorfizmov, ki so

odgovorni za pet sprememb aminokislinske sestave proteina PRKAG3 (Thr30Asn, Gly52Ser, Leu53Pro, Ile199Val in Arg200Gln; Milan in sod., 2000; Ciobanu in sod., 2001), kot je predstavljeno v preglednici 1.

Preglednica 1: Polimorfizmi na genu *PRKAG3* pri različnih pasmah (po Milan in sod., 2000)

Haplotip	Kodon							Pasma
	30	53	193	194	199	200	372	
1 (RN^-) aminokislina	ACC Thr	CTC Leu	GCC Ala	CTG Leu	GTC Val	CAA Gln	TCT Ser	hempšir
2 (rn^+) aminokislina	ACC Thr	CTC Leu	GCC Ala	CTG Leu	GTC Val	CGA Arg	TCT Ser	landras, velika bela, divji prašič
3 (rn^+) aminokislina	ACC Thr	CCC Pro	GCT Ala	TTG Leu	GTC Val	CGA Arg	TCC Ser	hempšir, landras, velika bela, mešan, divji prašič
4 (rn^+) aminokislina	AAC Asn	CCC Pro	GCT Ala	TTG Leu	GTC Val	CGA Arg	TCC Ser	hempšir, durok
5 (rn^+) aminokislina	ACC Thr	CCC Pro	GCT Ala	TTG Leu	ATC Ile	CGA Arg	TCC Ser	hempšir, velika bela, divji prašič

Med omenjenimi mutacijami na genu *PRKAG3* ima največji vpliv na kakovost mesa pri prašičih mutacija RN^- (fr. "rendement napole"), ki je značilna za pasmo hempšir. Mutacija povzroči zamenjavo Arg200Gln na γ podenoti encima AMP-odvisne proteinkinaze (Milan in sod., 2000). Gre za dominantno mutacijo, ki je povezana z večjo mesnatostjo klavnih trupov (Enfält in sod., 1997; Le Roy in sod., 2000), njen glavni fiziološki učinek pa je povečano nalaganje glikogena v belih mišicah (Fernandez in sod., 1992), ki se pri nosilcih mutacije RN^- izrazi kot nižji končni pH mesa (t.i. kisló meso), slabša sposobnost za vezanje vode in svetlejša barva (Lundström in sod., 1996; Hamilton in sod., 2000), zaradi česar so stegna takih prašičev manj primerna za predelavo v pršut. Po drugi strani imajo prašiči z mutacijo RN^- večjo vsebnost intramuskularne maščobe (Cherel in sod., 2010), kar je za proizvodnjo pršuta ugodno. Dostopna literatura kaže, da sta učinka mutacij RN^- in RN^- aditivna za tehnološko kakovost prašičjega mesa (Hamilton in sod., 2000; Škrlep in sod., 2010), zato je najslabšo kakovost mesa pričakovati ob hkratni prisotnosti obeh mutacij.

Po Ciobanu in sod. (2001) gre pri mutaciji RN^- v bistvu za kombiniran učinek dveh polimorfizmov oz. haplotipov 199Val in 200Gln in ne zgolj za posledico substitucije Arg200Gln. Isti raziskovalci so poleg prej omenjene ugotovili tudi pomemben učinek treh drugih polimorfizmov na genu *PRKAG3* (Thr30Asn, Gly52Ser in Ile199Val) na vsebnost glikogena in laktata (glikolitični potencial) ter posledično na tudi kakovost mesa. Med preučevanimi polimorfizmi na genu *PRKAG3*, je poleg RN^- , pomemben vpliv na kakovost mesa (pH in barvo) izkazal še Ile199Val, pri čemer je alel 199Ile ugodnejši, ker je povezan z večjo zamaščenostjo trupa, nižjo vsebnostjo glikogena, temnejšo barvo, višjo pH vrednostjo in boljšo sposobnostjo mesa za vezavo vode (Ciobanu in sod., 2001; Lindahl in sod., 2004a; Otto in sod., 2007; Fontanesi in sod., 2008; Škrlep in sod., 2009; Cherel in sod., 2010). Škrlep in sod. (2010) so v svoji raziskavi predlagali, da se genotip Ile/Ile gena *PRKAG3* lahko uporabi kot protiutež negativnim učinkom mutacije RN^- na kakovost mesa, saj se lahko tako hkrati ohranjajo tudi nekatere ugodne lastnosti

klavnega trupa. Najvišja frekvenca (74%) alela *199Ile* je bila ugotovljena pri pasmi berkšir (Ciobanu in sod., 2001), ki je znana po dobri kakovosti mesa, še posebej po primernosti za predelavo v pršut ali slanino (Goodwin, 2004; Ryu in sod., 2008). Pri pasmah, visoko selekcioniranih na mesnatost, je frekvenca alela *199Ile* precej nižja (<20%, Preglednica 2 in 3). V literaturi ni veliko podatkov o vplivu polimorfizma *PRKAG3 Ile199Val* na sestavo trupa in kakovosti mesa, še posebej redki so podatki za genotip *Ile/Ile*. V raziskavah Josell in sod. (2003), Lindahl in sod. (2004a, b) in Enfält in sod. (2006) so genotipa *Ile/Val* in *Ile/Ile* zaradi nizke frekvence sladnjega obravnavali kot eno skupino, kljub temu pa so prišli do sklepa, da je prisotnost alela *199Ile* povezana s povečano zamaščenostjo trupa.

Preglednica 2: Frekvence polimorfizma *Ile199Val* na genu *PRKAG3* pri različnih pasmah (Ciobanu in sod., 2001)

Polimorfizem	Genotip	Landras	Velika bela	Berkšir	Durok	Sintetični durok
<i>Ile199Val</i>	<i>Ile/Ile</i>	0,02	0,07	0,74	0,17	0,14
	<i>Ile/Val</i>	0,23	0,31	0,25	0,44	0,47
	<i>Val/Val</i>	0,75	0,62	0,01	0,39	0,39

Preglednica 3: Frekvence polimorfizma *Ile199Val* na genu *PRKAG3* ter *Lys294Arg* in *Ser638Arg* na genu *CAST* po državah izvora z različnimi linijami pitancev (Škrlep in sod., 2010)

	<i>PRKAG3 Ile199Val</i>			<i>CAST Lys294Arg</i>		<i>CAST Ser638Arg</i>			
	<i>Ile/Ile</i>	<i>Ile/Val</i>	<i>Val/Val</i>	<i>Lys/Lys</i>	<i>Arg/Lys</i>	<i>Arg/Arg</i>	<i>Arg/Ser</i>	<i>Ser/Ser</i>	
Francija									
N	21	316	221	202	309	45	294	254	8
%	3,8	56,6	39,6	36,3	55,6	8,1	52,9	45,7	14
Slovenija									
N	72	321	180	99	293	177	228	258	83
%	12,6	56,0	31,4	17,4	51,5	31,1	40,1	45,3	14,6
Španija									
N	84	447	110	147	355	163	274	291	82
%	13,1	69,7	17,2	22,1	53,4	24,5	42,4	45,0	12,7

*tudi različne terminalne linije/križanja

Rezultati raziskav na slovenskih komercialnih prašičih so pokazali najvišje stopnje zamaščenosti pri heterozigotnih (*Ile/Val*) prašičih (Škrlep in sod., 2009). Kasnejša raziskava (Škrlep in sod., 2010), ki se je ukvarjala s povezavami omenjenega polimorfizma in lastnosti klavnega trupa/mesa pomembnih za predelavo v pršut v treh različnih deželah (Francija, Slovenija, Španija) pa je ugotovila, da se učinki gena razlikujejo glede na državo izvora prašičev (različne terminalne linije/križanja), torej je lahko prišlo do interakcije z drugimi genetskimi ali okoljskimi dejavniki. Glede učinka *PRKAG3 Ile199Val* polimorfizma na kakovost mesa so bile z alelom *199Ile* povezane nižje vrednosti barvnega parametra L^* , ki je pokazatelj temnejše barve (Lindahl in sod.,

2004b; Otto in sod., 2007; Ramos in sod., 2008; Škrlep in sod., 2010) ter višji končni pH in boljša sposobnost za vezavo vode (Otto in sod., 2007). Po drugi strani pa Lindahl in sod. (2004a) niso opazili nobenih pomembnih razlik za sposobnost za vezavo vode med *Val/Val* in skupnimi rezultati za prašiče genotipov *Ile/Val* in *Ile/Ile*. Rezultati na slovenskih komercialnih pitancih (Škrlep in sod., 2009) so potrdili višji končni pH in boljše sposobnost za vezavo vode pri prašičih genotipa *Ile/Ile* v primerjavi z genotipom *Val/Val*. Dokazan je bil tudi vpliv polimorfizma *Ile199Val* na kakovost pršuta. Ugotovljeno je bilo, da je alel *199Ile* povezan z večjo zamaščenostjo stegen, manjšimi izgubami med predelavo (Škrlep in sod., 2011), nižjo vsebnostjo soli, večjo mehko, količino intramuskularne maščobe, ter boljše senzorično sprejemljivostjo kot alel *199Val* (Škrlep in sod., 2012; Gou in sod., 2012; Santé-Lhoutellier in sod., 2012).

3.3 Gen *CAST*

Gen *CAST* kodira kalpastatin, poseben endogeni inhibitor kalpainov, ki je drugi najpomembnejši omejitveni dejavnik kalpainske aktivnosti (poleg koncentracije Ca^{2+}). Njegova koncentracija v prašičjem mesu je v primerjavi z drugimi živalskimi vrstami relativno nizka (Toldrá in sod., 1997). Nedavne raziskave (Sieczkowska in sod., 2010a) so pokazale, da se nižja izraženost gena *CAST* odraža z znatnim izboljšanjem kakovosti mesa (razmerje IMP/ATP, pH vrednost). Dokazan je bil vpliv kalpastatina na hitrost rasti mišic in beljakovinski obrat (Goll in sod., 1998) ter mehčanje mesa (Koohmaraie, 1992a, b), kar pomeni, da gen *CAST* verjetno učinkuje tudi na proteolizo (Emnett in sod., 2001). Obstoj polimorfizmov na genu *CAST* je bil ugotovljen pri pasmah berkšir, durok, landras in hempšir (Ernst in sod., 1998) in sicer na debelino hrbtne slanine, površino dolge hrbtne mišice, končni pH mesa, barvo in mehko (Emnett in sod., 2001). Kasnejše raziskave (Kocwin-Podsiadła in sod., 2003; Kurył in sod., 2003; Krzęcio in sod., 2005, 2008) so potrdile vpliv na debelino hrbtne slanine, barvo mesa, mesnatost in pH, vendar pa se navedeni polimorfizmi nahajajo v nekodirajočih (intronskih) regijah gena. Njihov učinek je torej mogoče razložiti le posredno, v povezavi z drugimi (eksonskimi) deli gena *CAST* (Emnett in sod., 2001). Z uporabo analize sekvence celotnega gena *CAST*, so Ciobanu in sod. (2004) določili tri nukleotidne polimorfizme, katerih posledica je spremenjeno aminokislinsko zaporedje gena *CAST* (*Ser66Asn*, *Arg249Lys* in *Ser638Arg*). Dva pomembna polimorfizma, *Lys249Arg* in *Ser638Arg*, sta povezana z mehko mesa in sočnostjo, zaradi česar je bil haplotip *249Lys-638Arg* predlagan kot najprimernejši. Otto in sod. (2007) so ugotovili vpliv polimorfizma *CAST* na pH in barvo svežega mesa. Stalder in sod. (2005) so pri preučevanju vpliva polimorfizma *Ser638Arg* na lastnosti pršuta ugotovili vpliv na izgube med predelavo ter vsebnost vlage in soli, niso pa našli vpliva na lastnosti surovine.

3.4 Drugi geni, povezani s kakovostjo prašičjega mesa

Poleg omenjenih genov obstajajo številni drugi genetski markerji, povezani z različnimi parametri kakovosti mesa (Ibeagha-Awemu in sod., 2008), ki bi lahko imeli vpliv na kakovost pršuta. Na splošno pa je genetsko izboljševanje kakovosti prašičjega mesa s selektivno vzrejo težavno zaradi nizke stopnje heritabilitete (Sellier in Monin, 1994; Rosenvold in Andersen, 2003), zato je iskanje ustreznih genetskih markerjev bistvenega pomena. V primerjavi s precejšnjim številom objavljenih QTL-ov, so pri relativno majhnem številu genov preučevali morebitno povezavo z gospodarsko pomembnimi lastnostmi (Ibeagha-Awemu in sod., 2008). Z vidika proizvodnje mesnin je pomemben vsak gen, ki vpliva bodisi na podkožno in intramuskularno maščobo, tehnološko kakovost mesa (sposobnost za vezavo vode, pH, barvo) ali proteolitični potencial (Preglednica 3).

Primeri so npr. geni, ki kodirajo beljakovine, ki vežejo maščobne kisline (H-FABP, A-FABP; Gerbens in sod., 1998, 1999 in 2001), za melanokortinski receptor (MC4R, MC3R, Kim in sod., 2000; Óvilo in sod., 2006; Fan in sod., 2010) in katepsine (B, F, D, L, S, Z; Russo in sod., 2002, 2003 in 2008; Ramos in sod., 2008; Fontanesi in sod., 2010), vendar so raziskave, ki so se ukvarjale z neposredno povezavo med geni in kakovostjo mesnin relativno redke.

Preglednica 3: Seznam genov z odkritimi polimorfizmi, povezani z lastnostmi kakovosti mesa in klavnega trupa pri prašičih

Gen	Kodira protein	SSC	Povezava z	Vir
<i>H-FABP</i>	Srčni protein, ki se veže na maščobne kisline	6	IMM	Janss in sod., 1997; Gerbens in sod., 1997, 1999
<i>A-FABP</i>	<i>Adypocyte fatty acid binding protein</i>	4	IMM	Gerbens in sod., 1998, 2001
<i>MYOG</i>	Miogenin	9	Lastnosti vlaken, pH, DHS, IMM, vsebnost vlage, SVV, barva	Soumillon in sod., 1997, Xue in sod.; 2006; Verner in sod., 2007; Liu in sod., 2008; Jiusheng in sod., 2008
<i>MYF5</i>	<i>Myogenic factor 5</i>	5	Izceja, barva, IMM, vsebnost vlage	Liu in sod., 2007
<i>CYB5A</i>	Citokrom b5A	1	Vsebnost androgenona	Lin in sod., 2005
<i>MC4R</i>	Melanokortinski receptor 4	1	Rastne lastnosti, DHS, sestava trupa, maščobnokislinska sestava, izceja, barva	Kim in sod., 1999, 2000, 2004a; Óvilo in sod., 2006; Jokubka in sod., 2006; Van den Maagdenburg in sod., 2007; Otto in sod., 2007
<i>MC3R</i>	Melanokortinski receptor 3	17	Teža stegna, marmoriranost	Kim in sod., 2004b
<i>PGAM2</i>	Fosfoglicerat mutaza 2	18	Vsebnost glikogena, izceja, teža stegna	Fontanesi in sod., 2003, 2008
<i>PKM2</i>	Piruvat kinaza 2	7	Vsebnost glikogena, izceja, dnevni prirast, DHS	Fontanesi in sod., 2003, 2008; Sieczkowska in sod., 2010b
<i>CTSB</i>	Katepsin B	14	DHS, IMM, pH	Russo in sod., 2002, 2003; Ramos in sod., 2008
<i>CTSF</i>	Katepsin F	2	DHS, mesnatost, dnevni prirast, teža pršuta	Russo in sod., 2003, 2008; Ramos in sod., 2008
<i>CTSD</i>	Katepsin D	2	Mesnatost, DHS, teža pršuta, dnevni prirast	Russo in sod., 2008
<i>CTSL</i>	Katepsin L	10	pH surovega stegna	Ramos in sod., 2008
<i>CTSZ</i>	Katepsin Z	17	Teža stegna in pršuta, dnevni prirast, mesnatost	Ramos in sod., 2005; Russo in sod., 2008
<i>ACSL4</i>	Acil-CoA sintetaza, veriga 4	X	Rastnost, % oleinske kisline	Mercade in sod., 2006
<i>ME1</i>	Malat dehidrogenaza	1	DHS, pH	Vidal in sod., 2006
<i>CMYA1</i>	<i>Cardiomyopathy associated 1 gene</i>	13	DHS	Xu in sod., 2008, 2009

Preglednica 3 (nadaljevanje): Seznam genov z odkritimi polimorfizmi, povezani z lastnostmi kakovosti mesa in klavnega trupa

Gen	Kodira protein	SSC	Povezava z	Vir
<i>SDHD</i>	Sukcinat dehidrogenazni kompleks, podenota D	9	Površina mišice LD, šibka povezava z rastnostjo, sestavo trupa, kakovostjo mesa	Zhu in sod., 2005; Guimaraes in sod., 2007
<i>FOS</i>	<i>FBJ murine osteosarcoma viral oncogene homolog</i> (transkripcijski faktor)	7	Zgradba in premer vlaken, vsebnost laktata	Reiner in sod., 2002
<i>LEPR</i>	Leptinski receptor	6	DHS	Mackowski in sod., 2005; Óvilo in sod., 2005
<i>LEP</i>	Leptin	18	Konзумacija, DHS, rastnost, teža stegna	Kennes in sod., 2001; Urban in sod., 2002; Floris in sod., 2004
<i>FABP5</i>	<i>Epidermal fatty acid binding protein</i>	4	Nalaganje maščob	Estelle in sod., 2006
<i>ACACA</i>	Acetil-CoA karboksilaza α	12	Mesnatost, IMM, MUFA, PUFA, SFA	Gallardo in sod., 2009; Muñoz in sod., 2007
<i>APOM</i>	Apolipoprotein M	7	DHS	Pan in sod., 2009
<i>PIT1</i>	<i>Pituitary specific transcription factor</i>	13	DHS, rojstna masa, lastnosti rastnosti in klavne kakovosti	Yu in sod., 1995; Brunsch in sod., 2002
<i>PPARGC1A</i>	Receptor, aktiviran s proliferatorjem peroksisomov- γ , koaktivator α -1	8	Debelina trebušne in hrbtne slanine	Stachowiak in sod., 2007
<i>IGF2</i>	Inzulinu podobni rastni faktor 2	2	DHS, mesnatost, mišična masa	Vykoukalova in sod., 2006; Van Laere in sod., 2003
<i>IGFBP3</i>	Beljakovina 3, ki veže inzulinu podobni rastni faktor	18	DHS, barva	Wang in sod., 2009
<i>GH</i>	Rastni hormon	12	Teža in mesnatost stegna, izceja, zamaščenost	Pierzchala in sod., 2004; Da Faria in sod., 2006
<i>LDHA</i>	Laktat dehidrogenaza A	2	DHS, površina mišice LD, marmoriranost, prirast, izceja, pH, barva	Qiu in sod., 2010; Otto in sod., 2007

Preglednica 3 (nadaljevanje): Seznam genov z odkritimi polimorfizmi, povezani z lastnostmi kakovosti mesa in klavnega trupa

Gen	Kodira protein	SSC	Povezava z	Vir
CA3	Karboanhidraza	4	Barva, pH, teža stegna, mesnatost, IMM	Davoli in sod., 2006; Wang in sod., 2006; Wimmers in sod., 2007
EPOR	Eritropoetinski receptor	2	Barva, pH, konduktivnost	Wimmers in sod., 2007
HMGA1	<i>High mobility group AT-hook 1</i>	7	DHS, izceja, barva	Kim in sod., 2004b; Otto in sod., 2007
HMGA2	<i>High mobility group AT-hook 2</i>	1	Barva, pH, prirast, konduktivnost	Wimmers in sod., 2007
MYPN	<i>Myopalladin</i>	14	Mesnatost	Wimmers in sod., 2007
NME1	<i>Nonmetastatic cells 1 protein</i>	1	Barva, pH, konduktivnost	Wimmers in sod., 2007
TTN	Titin	15	Barva, pH, konduktivnost	Wimmers in sod., 2007
RETN	Rezistin	2	DHS	Cieslak in sod., 2009
TXNIP	<i>Thioredoxininteracting protein</i>	4	Teža trupa, prirast	Yu in sod., 2007
GYS1	Glikogen sintaza	6	Barva svežega stegna in pršuta	Ramos in sod., 2008
GAPDH	Gliceraldehid-3-fosfat dehidrogenaza	5	Vsebnost lipidov v svežem stegnu	Ramos in sod., 2008
SCD	Stearoil-CoA desaturaza	14	Teža pršuta, izgube med predelavo, vsebnost lipidov in barva pršuta	Ramos in sod., 2008
DECR1	2,4 dienoil CoA reduktaza	4	Vsebnost vidne intermuskularne maščobe	Davoli in sod., 2006
LXRA	Jetrni X receptor, alfa	11	Mesnatost ledij, površina mišice LD, marmoriranost	Yu in sod., 2006
LXRB	Jetrni X receptor, beta	19	Mesnatost, zamaščenost	Yu in sod., 2006
ATP2A1	<i>Ca²⁺ ATPase of fast twitch 1 skeletal muscle sarcoplasmic retikulum</i>	3	pH, IMM	Otto in sod., 2007
GLUT4	Membranski prenašalec glukoze 4	12	Barva	Otto in sod., 2007

IMM - intramuskularna maščoba; DHS - debelina hrbtna slanine; SVV - sposobnost za vezavo vode; LD - *longissimus dorsi*; SFA - nasičene maščobne kisline; MUFA - enkrat nenasičene maščobne kisline, PUFA - večkrat nenasičene maščobne kisline

Viri

- Antequera T, Lopez-Bote CJ, Cordoba JJ, Garcia C, Asensio MA, Ventanas J, 1992. Lipid oxidative changes in the processing of Iberian pig hams. *Food Chem.* 45: 105-110.
- Armero E, Barbosa J-A, Toldrá F, Baselga M, Pla M, 1999a. Effects of the terminal sire type and sex on pork muscle cathepsins (B, B1L and H), cysteine protease inhibitors and lipolytic enzyme activities. *Meat Sci.* 51: 185-189.
- Armero E, Flores M, Toldrá F, Barbosa J-A, Olivet J, Pla M, Baselga M, 1999b. Effect of pig sire type and sex on carcass traits, meat quality and sensory quality of dry-cured ham. *J. Sci. Food Agric.* 79: 1147-1154.
- Armero E, Baselga M, Aristoy M-C, Toldrá F, 1999c. Effects of sire type and sex on pork muscle exopeptidase activity, natural dipeptides and free amino acids. *J. Sci. Food Agric.* 79: 1280-1284.
- Bidanel JP, Rothschild M, 2002. Current status of quantitative trait locus mapping in pigs. *Pig News and Information* 23: 39N-54N.
- Brunsch C, Sternstein I, Reincke P, Bienek J, 2002. Analysis of associations of PIT1 genotypes with growth, meat quality and carcass composition in pigs. *J. Appl. Genet.* 43: 85-91.
- Buscaillon S, Monin G, 1994. Déterminisme des qualités sensorielles du jambon sec. Chapitre 2: Influence de la qualité de la matière première sur la qualité du jambon sec. *Viandes et Produits Carnés* 15: 39-36.
- Carrapiso AI, Bonilla F, Garcia C, 2003. Effect of crossbreeding and rearing system on sensory characteristics of Iberian ham. *Meat Sci.* 65: 623-629.
- Cava R, Ferrer JM, Estévez M, Morcuende D, Toldrá F, 2004. Composition and proteolytic and lipolytic enzyme activities in muscle *longissimus dorsi* from Iberian pigs and industrial genotype pigs. *Food Chem.* 88: 25-33.
- Cherel P, Glénisson J, Figwer P, Pires J, Damon M, Franck M, Le Roy P, 2010. Updated estimates of HAL n and RN-effects on pork quality: fresh and processed loin and ham. *Meat Sci.* 86: 949-954.
- Cieslak J, Nowacka-Wozuk J, Bartz M, Fijak-Nowak H, Grezes M, Szydłowski M, Switonki M, 2009. Association studies on the porcine RETN, UCP1, UCP3 and ADRB3 genes polymorphism with fatness traits. *Meat Sci.* 83: 551-554.
- Cilla I, Altarriba J, Guerrero L, Gispert M, Martinez L, Moreno C, Beltran JA, Guardia MD, Diestre A, Arnau J, Roncales P, 2006. Effect of different Duroc line sires on carcass composition, meat quality and dry-cured ham acceptability. *Meat Sci.* 72: 252-260.
- Ciobanu D, Bastiaansen J, Malek M, Helm J, Woollard J, Plastow G, Rothschild MF, 2001. Evidence for new alleles in the protein kinase adenosine monophosphate activated γ 3 subunit gene associated with low glycogen content in pig skeletal muscle and improved meat quality. *Genetics.* 159: 1151-1162.
- Ciobanu DC, Bastiaansen JWM, Lonergan SM, Thomsen H, Dekkers JCM, Plastow GS, Rothschild MF, 2004. New alleles in calpastatin gene are associated with meat quality traits in pigs. *J. Anim. Sci.* 82: 2829-2839.
- Coutron-Gambotti C, Gendamer G, Casabianca F, 1998. Effect of substituting a concentrated diet for chestnuts on the lipid traits of Corsican and Corsican \times Large White pigs reared in a sylvo-pastoral system in Corsica. *Meat Sci.* 50: 163-174.
- Čandek-Potokar M, Žlender B, Lefacheur L, Bonneau M, 1998. Effects of age and/or weight at slaughter on *Longissimus dorsi* muscle: biochemical traits and sensory quality in pigs. *Meat Sci.* 48: 287-300.
- Čandek-Potokar M, Monin G, Žlender B, 2002. Pork quality, processing and sensory characteristics of dry-cured hams as influenced by duroc crossing and sex. *J. Anim. Sci.* 80: 988-996.
- Da Faria DA, Guimarães SEF, Lopes PS, Pires AV, Pavia SR, Sollero BP, Wenceslau AA, 2006. Association between G316A growth hormone polymorphisms and economic traits in pigs. *Genet. Mol. Biol.* 29: 634-640.

- Davoli R, Fontanesi L, Braglia S, Nisi I, Scotti E, Buttazzoni L, Russo V, 2006. Investigation of SNPs in the ATP1A2, CA3 and DECR1 genes mapped to porcine chromosome 4: analysis in groups of pigs divergent for meat production and quality traits. *Ital. J. Anim. Sci.* 5: 249-263.
- Emnett R, Moeller S, Irvin K, Rothschild M, Plastow G, Goodwin R, 2001. An investigation into the genetic controls of pork quality: II. Association studies with heart fatty acid binding protein-1 and calpastatin. *Research and Reviews: Swine 2001, Special Circular 185-01*, Columbus, The Ohio State University, 3 str.
http://ohioline.osu.edu/sc185/sc185_12.htm (15.1.2015)
- Enfält AC, Lundström K, Hansson I, Johansen S, Nyström P, 1997. Comparison of non-carriers and heterozygous carriers of the RN⁻ allele for carcass composition, muscle distribution and technological meat quality in Hampshire-sired pigs. *Livest. Prod. Sci.* 47: 221-229.
- Enfält A-C, von Seth G, Josell A, Lindahl G, Hedebrö-Velander I, Braunschweig M, Andersson L, Lundström K, 2006. Effects of a second mutant allele (V199I) at the PRKAG3(RN) locus on carcass composition in pigs. *Livest. Sci.* 99: 131-139.
- Ernst CW, Robic A, Yerle M, Wang L, Rothschild M, 1998. Mapping of calpastatin and three microsatellites to porcine chromosome 2q2.1-q2.4. *Anim. Genet.* 29: 212-215.
- Estelle J, Perez-Enciso M, Mercade A, Varona L, Alves E, Sanchez A, Folch JM, 2006. Characterization of the porcine FABP5 gene and its association with the FAT1 QTL in an Iberian by Landrace cross. *Anim. Genet.* 37: 589-591.
- Estévez M, Morcuende D, Cava López R, 2003. Physico-chemical characteristics of *M. Longissimus dorsi* from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live-weight and commercial pigs: a comparative study. *Meat Sci.* 64: 499-506.
- Fan B, Lkhagvadorj S, Cai W, Young J, Smith RM, Dekkers JCM, Huff-Lonergan E, Lonergan SM, Rothschild MF, 2010. Identification of genetic markers associated with residual feed intake and meat quality traits in the pig. *Meat Sci.* 84: 645-650.
- Fernandez X, Tornberg E, Naveau J, Talmant A, Monin G, 1992. Bimodal distribution of the muscle glycolytic potential in French and Swedish populations of Hampshire crossbred pigs. *J. Sci. Food Agric.* 59: 307-311.
- Floris R, Stefanon B, Pallavivini A, Susmel P, Graziosi G, 2004. Mwo1 and Smal RFLPs polymorphisms of porcine obese gene and their association with meat characteristics of heavy pigs. *Ital. J. Anim. Sci.* 3: 211-218.
- Fontanesi L, Davoli R, Nanni Costa L, Scotti E, Russo V, 2003. Study of candidate genes for glycolytic potential of porcine skeletal muscle: identification and analysis of mutations, linkage and physical mapping and association with meat quality traits in pigs. *Cytogenet. Genome Res.* 102: 145-151.
- Fontanesi L, Davoli R, Nanni Costa L, Beretti F, Scotti E, Tazzoli M, Tassone F, Colombo M, Buttazzoni L, Russo V, 2008. Investigation of candidate genes for glycolytic potential of porcine skeletal muscle: association with meat quality and production traits in Italian Large White pigs. *Meat Sci.* 80: 780-787.
- Fontanesi L, Speroni C, Buttazzoni L, Scotti E, Nanni Costa L, Davoli R, Russo V, 2010. Association between cathepsin L (CTSL) and cathepsin S (CTSS) polymorphisms and meat production and carcass traits in Italian Large White pigs. *Meat Sci.* 85: 331-338.
- Fouilloux MN, Le Roy P, Gruand J, Renard C, Sellier P, Bonneau M, 1997. Support for single gene influencing fat androstenone level and development of bulbo-urethral glands in young boars. *Genet. Sel. Evol.* 29: 357-366.
- Franci O, Poli BM, Pugliese C, Bozzi R, Parisi G, Balo F, Geri G, 1996. Confronto fra progenie di verri Large White, Landrace Italiana, Landrace Belga, Duroc, Cinta Senese e scrofe Large White a 130 e 160 kg di peso vivo. 4. Caratteristiche fisico-chimiche del prosciutto toscano. *Zootecnica e Nutrizione Animale* 22: 149-158.
- Franci O, Pugliese C, Acciaioli A, Bozzi R, Campodoni G, Sirtori F, Pianaccioli L, Gandini G, 2007. Performance of Cinta Senese pigs and their crosses with Large White 2. Physical, chemical and technological traits of Tuscan dry-cured ham. *Meat Sci.* 76: 597-603.

- Fuji J, Otsu K, Zorzato F, de Leon S, Kahanna VK, Weiler JE, O'Brien PJ, MacLennan DH, 1991. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science* 253(5018): 448-451.
- Gallardo D, Quintanilla R, Varona L, Diaz L, Ramirez O, Pena RN, Amills M, 2009. Polymorphism of the pig acetyl-coenzyme A carboxylase α gene is associated with fatty acid composition in a Duroc commercial line. *Anim. Genet.* 40: 410-417.
- Gerbens F, Rettenberger G, Lenstra JA, Veerkamp JH, te Pas MFW, 1997. Characterization, chromosomal localization and genetic variation of the porcine heart fatty acid-binding protein gene. *Mamm. Gen.* 8(5): 328-332.
- Gerbens F, Jansen A, van Erp AJM, Harders F, Meuwissen THE, Rettenberger G, Veerkamp JH, te Pas MFW, 1998. The adipocyte fatty acid binding protein locus: characterization and association with intramuscular fat content in pigs. *Mamm. Gen.* 9: 1022-1026.
- Gerbens F, van Erp AJM, Harders FL, Verburg FJ, Meuwissen THE, Veerkamp JH, te Pas MFW, 1999. Effect of genetic variants of the heart fatty acid binding protein gene on intramuscular fat and performance traits in pigs. *J. Anim. Sci.* 77: 846-852.
- Gerbens F, Verburg FJ, van Moerkerk HTB, Engel B, Bulst W, Veerkamp JH, te Pas MFW, 2001. Associations of heart and adipocyte fatty acid-binding protein gene expression with intramuscular fat content in pigs. *J. Anim. Sci.* 79: 347-354.
- Goll DE, Thompson VF, Taylor RG, Ouali A, 1998. The calpain system and skeletal muscle growth. *Can. J. Anim. Sci.* 78: 503-512.
- Goodwin RN, 2004. Growth, carcass and meat quality trait performance of pure breeds. V: Proceedings of the 29th Annual National Swine Improvement Federation Conference Meeting, Ames, Iowa, 9-10 December, 2004. National Swine Improvement Federation, Ames, IO, pp 47-57.
[http://www.nsif.com/conferences/2004/pdf/RodneyGoodwin Presentation.pdf](http://www.nsif.com/conferences/2004/pdf/RodneyGoodwin%20Presentation.pdf) (15.1.2015)
- Gou P, Guerrero L, Arnau J, 1995. Sex and crossbreed effects on the characteristics of dry-cured ham. *Meat Sci.* 40: 21-31.
- Gou P, Zhen ZY, Hortós M, Arnau J, Diestre A, Robert N, Claret A, Čandek-Potokar M, Santé-Lhoutellier V, 2012. PRKAG3 and CAST genetic polymorphisms and quality traits of dry-cured hams-I. Associations in Spanish dry-cured ham Jamón Serrano. *Meat Sci.* 92: 346-353.
- Guerrero L, Gou P, Alonso P, Arnau J, 1996. Study of the physicochemical and sensorial characteristics of dry-cured hams in three pig genetic types. *J. Sci. Food Agric.* 70: 526-530.
- Guimaraes SEF, Rothschild MF, Ciobanu D, Stahl CH, Lonergan SM, 2007. SNP discovery, expression and association analysis for the SDHD gene in pigs. *J. Anim. Breed. Genet.* 124: 246-253.
- Hamilton DN, Ellis M, Miller KD, McKeith FK, Parrett DF, 2000. The effect of Halothane and Rendement Napole genes on carcass and meat quality characteristics of pigs. *J. Anim. Sci.* 78: 2862-2867.
- Hernández P, Zomeño L, Ariño B, Blasco A, 2004. Antioxidant, lipolytic and proteolytic enzyme activities in pork meat from different genotypes. *Meat Sci.* 66: 525-529.
- Ibeagha-Awemu EM, Kgwatalala P, Zhao X, 2008. A critical analysis of production associated DNA polymorphisms in the genes of cattle, goat, sheep, and pig. *Mamm. Genome* 19: 591-617.
- Janss LL, van Arendonk JA, Brascamp EW, 1997. Bayesian statistical analyses for presence of single genes affecting meat quality traits in a crossed pig population. *Genetics* 145: 395-408.
- Jiménez-Colmenero F, Ventanas J, Toldrá F, 2010. Nutritional composition of dry-cured ham and its role in a healthy diet. *Meat Sci.* 84: 585-593.
- Jiusheng W, Yuehuan Y, Ninying X, 2008. Histological characteristics of musculus *longissimus dorsi* and their correlation with restriction length polymorphism of the myogenin gene in Jinhua×Pietrain F2 crossbreed pigs. *Meat Sci.* 81: 108-115.
- Jokubka R, Maak S, Kerziene S, Swalve HH, 2006. Association of melanocortin 4 receptor (MC4R) polymorphism with performance traits in Lithuanian White pigs. *J. Anim. Breed. Genet.* 123: 17-22.

- Josell A, Enfalt A-C, von Seth G, Lindahl G, Hedebrö-Velander I, Andersson L, Lundström K, 2003. The influence of RN genotype, including the new V1991 allele, on the eating quality of pork loin. *Meat Sci.* 65: 1341-1651.
- Kennes YM, Murphy BD, Pothier F, Palin M-F, 2001. Characterization of swine leptin (LEP) polymorphisms and their association with production traits. *Anim. Genet.* 32: 215-218.
- Kim KS, Larsen HJ, Rothschild MF, 1999. Rapid communication: linkage and physical mapping of the porcine melanocortin four receptor (MC4R) gene. *J. Anim. Sci.* 78: 791-794.
- Kim KS, Larsen N, Short T, Plastow G, Rothschild MF, 2000. A missense variant of the porcine melanocortin four receptor (MC4R) gene is associated with fatness, growth and feed intake traits. *Mamm. Gen.* 11: 131-135.
- Kim KS, Reecy JM, Hsu WH, Anderson LL, Rothschild MF, 2004a. Functional and ploygenic analyses of a melanocortin-4 receptor in domestic pigs. *Domest. Anim. Endocrin.* 26: 75-86.
- Kim K-S, Thomsen H, Bastiaansen J, Nguyen NT, Dekkers JCM, Plastow GS, Rothschild MF, 2004b. Investigation of obesity candidate genes on porcine fat deposition quantitative trait loci regions. *Obes. Res.* 12: 1981-1994.
- Koćwin-Podsiadła M, Kurył J, Krzęcio E, Zybert A, Przybalski W, 2003. The interaction between calpastatin and RYR1 genes for some pork quality traits. *Meat Sci.* 65: 731-735.
- Koohmaraie M, 1992a. Effect of pH, temperature and inhibitors on autolysis and catalytic activity of bovine skeletal muscle μ -calpain. *J. Anim. Sci.* 70: 3071-3080.
- Koohmarie M, 1992b. The role of Ca^{2+} dependant proteases (calpains) in post-mortem proteolysis and meat tenderness. *Biochimie* 74: 239-245.
- Krzęcio E, Koćwin-Podsiadła M, Monin G, 2005. Association of calpastatin (CAST/Mspl) polymorphism with meat quality parameters of fatteners and its interaction with RYR1 genotypes. *J. Anim. Breed. Genet.* 122: 251-258.
- Krzęcio E, Koćwin-Podsiadła M, Kurył J, Zybert A, Sieczkowska H, Antosik K, 2008. The effect of interaction between genotype CAST/Rsal (calpastatin) and MYOG/Mspl (myogenin) on carcass and meat quality in pigs free of RYR1^T allele. *Meat Sci.* 80: 1106-1115.
- Kurył J, Kapelanski W, Pierzchała M, Grajewska S, Bocian M, 2003. Preliminary observations on the effect of calpastatin gene (CAST) polymorphism on carcass traits in pigs. *Anim. Sci. Pap. Rep* 21: 87-95.
- Le Roy P, Elsen JM, Caritez JC, Talmant A, Juin H, Sellier P, Monin G, 2000. Comparison between the three porcine RN genotypes for growth, carcass composition and meat quality traits. *Genet. Sel. Evol.* 32: 165-186.
- Leach LM, Ellis M, Sutton DS, McKeith FK, Wilson ER, 1996. The growth performance, carcass characteristics, and meat quality of halothane carrier and negative pigs. *J. Anim. Sci.* 74: 934-943.
- Lin Z, Lou Y, Peacock J, James Squires E, 2005. A novel polymorphism in the 5' untranslated region of the porcine cytochrome b5 (CYB5) gene is associated with decreased fat androstenone level. *Mamm. Gen.* 16: 367-373.
- Lindahl G, Enfält A-C, von Seth G, Josell A, Hedebrö-Velander I, Andersen HJ, Braunschweig M, Andersson L, Lündstrom K, 2004a. A second mutant allele (V1991) at the PRKAG3 (RN) locus - I. Effect on technological meat quality of pork loin. *Meat Sci.* 66: 609-619.
- Lindahl G, Enfalt A-C, von Seth G, Josell Å, Hedebrö-Velander I, Andersen HJ, Braunschweig M, Andersson L, Lundström K, 2004b. A second mutant allele (V1991) at the PRKAG3 (RN) locus - II. Effect on colour characteristics of pork loin. *Meat Sci.* 66: 621-627.
- Liu M, Peng J, Xu D, Zheng R, Li F, Li J, Zuo B, Lei M, Xiong Y, Deng C, Jiang S, 2007. Associations of MYF5 gene polymorphisms with meat quality traits in different domestic pig (*Sus scrofa*) populations. *Genet. Mol. Biol.* 30: 370-374.
- Liu M, Peng J, Xu D-Q, Zheng R, Li F-E, Li J-L, Zuo B, Lei M-G, Xiong Y-Z, Deng C-Y, Jiang S-W, 2008. Association of MYF5 and MYOD1 gene polymorphisms and meat quality traits in Large White x Meishan F2 pig populations. *Biochem. Genet.* 46: 720-732.
- Lundström K, Anderson A, Hansson I, 1996. Effect of RN gene on technological and sensory quality in crossbred pigs with Hampshire as terminal sire. *Meat Sci.* 42: 145-153.

- Mackowski M, Szymoniak K, Szydłowski M, Kamyczek M, Eckert R, Rozycki M, Switonski M, 2005. Missense mutations in exon 4 of the porcine LEPR gene encoding extracellular domain and their association with fatness traits. *Anim. Genet.* 36: 135-137.
- Mercade A, Estelle J, Perez-Enciso M, Varona L, Silió L, Noguera JL, Sanchez A, Folch JM, 2006. Characterization of the porcine acyl-CoA synthetase long-chain 4 gene and its association with growth and meat quality traits. *Anim. Genet.* 37: 219-224.
- Meuwissen THE, Goddard ME, 1996. The use of marker haplotypes in animal breeding schemes. *Genet. Sel. Evol.* 28: 161-176.
- Mickelson JR, Ross JA, Reed BK, Louis CF, 1986. Enhanced Ca^{2+} -induced calcium release by isolated sarcoplasmic reticulum vesicles from malignant hyperthermia susceptible pig muscle. *Biochim. Biophys. Acta.* 862: 318-328.
- Milan D, Jeon J-T, Looft C, Amarger V, Robic A, Thelander M, Rogel-Gaillard C, Paul S, Iannuccelli N, Rask L, Ronne H, Lundström K, Reinsch N, Gellin J, Kalm E, Le Roy P, Chardon P, Andersson L, 2000. A mutation in PRKAG3 associated with excess glycogen content in pig skeletal muscle. *Science* 288: 1248-1251.
- Monin G, Sellier P, Bonneau M, 1998. Trente ans d'évolution de la notion de la qualité de la carcasse et de la viande de porc. *Journées de la Recherche Porcine en France* 30: 13-27.
- Muñoz G, Alves E, Fernandez A, Ovilio C, Baragan C, 2007. QTL detection on porcine chromosome 12 for fatty acid composition and association analyses of fatty acid synthase, gastric inhibitory polypeptide and acetyl-coenzyme A carboxylase alpha genes. *Anim. Genet.* 38: 639-646.
- Oliver MA, Gou P, Gispert M, Diestre A, Arnau J, Noguera JL, Blasco A, 1994. Comparison of five types of pig crosses. II. fresh meat quality and sensory characteristics of dry cured ham. *Livest. Prod. Sci.* 40: 179-185.
- Otto G, Roehe R, Looft H, Thoelking L, Knap PW, Rothschild MF, Plastow GS, Kalm E, 2007. Associations of DNA markers with meat quality traits in pigs with emphasis on drip loss. *Meat Sci.* 75(2): 185-195.
- Óvilo C, Fernandez A, Noguera JL, Barragan C, Leton R, Rodriguez C, Mercade A, Alves E, Folch JM, Varona L, Toro M, 2005. Fine mapping of porcine chromosome 6 QTL and LEPR effects on body composition in multiple generations of Iberian by Landrace intercross. *Gen. Res.* 85: 57-67.
- Óvilo C, Fernandez A, Rodriguez MC, Nieto M, Silió L, 2006. Association of MC4R gene variants with growth, fatness, carcass composition and meat quality traits in heavy pigs. *Meat Sci.* 73: 42-47.
- Pan G, Fu Y, Zuo B, Ren Z, Xu D, Lei M, Zheng R, Xiong Y-Z, 2010. Molecular characterization, expression profile and association analysis with fat deposition traits of the porcine APOM gene. *Mol. Biol. Rep.* 37: 1363-1371.
- Parolari G, Rivaldi P, Leonelli C, Bellatti M, Bovis N, 1988. Colore e consistenza del prosciutto crudo in rapporto alla materia prima e alla tecnica di stagionatura. *Industria Conserve* 63: 45-49.
- Pierzchala M, Blicharski T, Kurył J, 2004. Growthrate and carcass quality in relation to GH/MspI and GH/HaeIII PCR-RFLP polymorphism in pigs. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 22: 57-64.
- Pommier SA, Houde A, Rousseau F, Savoie Y, 1992. The effect of the malignant hyperthermia genotype as determined by a restriction endonuclease assay on carcass characteristics of commercial crossbred pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 973-976.
- Qiu H, Xu X, Fan B, Rothschild MF, Yerle M, Liu B, 2010. Investigation of LDHA and COPB1 as candidate genes for muscle development in MYOD1 region of pig chromosome 2. *Mol. Biol. Rep.* 37: 629-636.
- Ramos AM, Nguyen NT, Stalder KJ, Rothschild MF, 2005. Molecular markers associated with improved yield and quality of dry-cured hams. Iowa State University Animal Industry Report 2005, AS Leaflet R2021. Ames, Iowa, US, Iowa State University: 2 p. <http://www.ans.iastate.edu/report/air/2005pdf/2021.pdf> (15.1.2015)
- Ramos AM, Glenn KL, Serenius TV, Stalder KJ, Rothschild MF, 2008. Genetic markers for the production of US country hams. *J. Anim. Breed. Genet.* 125: 248-257.

- Rapley R, 2000. Molecular biology and basic techniques. In: Principles and techniques of practical biochemistry. 5th ed., (Ur. K Wilson, J Walker). Cambridge, Cambridge University Press, UK. p: 80-136.
- Rathje TA, Rohrer GA, Johnson JK, 1997. Evidence for quantitative trait loci affecting ovulation rate in pigs. *J. Anim. Sci.* 75: 1486-1494.
- Redei GP, 2008. Encyclopedia of genetics, genomics, proteomics and informatics. 3rd ed. Dordrecht, The Nederland, Springer Netherlands: 2201 p.
- Reiner G, Heinrich L, Müller E, Geldermann H, Dzapo V, 2002. Indications of associations of the porcine FOS proto-onco gene with skeletal muscle fibre traits. *Anim. Genet.* 33: 49-55.
- Rosenvold K, Andersen HK, 2003. Factors of significance for pork quality - a review. *Meat Sci.* 64: 219-237.
- Russo V, Nanni Costa L, 1995. Suitability of pig meat for salting and the production of quality processed products. *Pig News and Information* 16:17-26.
- Russo V, Fontanesi L, Davoli R, Nanni Costa L, Cagnazzo M, Buttazzoni L, Virgili R, Yerle M, 2002. Investigation of candidate genes for meat quality in dry-cured ham production: the porcine cathepsin B (CTSB) and cystatin B (CSTB) genes. *Anim. Genet.* 33: 123-131.
- Russo V, Davoli R, Nanni Costa L, Fontanesi L, Baiocco C, Buttazzoni L, Gali S, Virgili R, 2003. Association of CTSB, CTSF and CTSB genes with growth, carcass and meat quality traits in heavy pigs. *Ital. J. Anim. Sci.* 2(suppl. 1), 67-69.
- Russo V, Fontanesi L, Scotti E, Beretti F, Davoli R, Nanni Costa L, Virgili R, Buttazzoni L, 2008. Single nucleotide polymorphisms in several porcine cathepsin genes are associated with growth, carcass, and production traits in Italian Large White pigs. *J. Anim. Sci.* 86: 3300-3314.
- Ryu YC, Choi YM, Lee SH, Shin HG, Choe JH, Kim JM, Hong KC, Kim BC, 2008. Comparing the histochemical characteristics and meat quality traits of different pig breeds. *Meat Sci.* 80: 363-369.
- Santé-Lhoutellier V, Robert N, Martin JF, Gou P, Hortós M, Arnau J, Diestre A, Čandek-Potokar M, 2012. PRKAG3 and CAST genetic polymorphisms and quality traits of dry-cured hams—II. Associations in French dry-cured ham Jambon de Bayonne and their dependence on salt reduction. *Meat Sci.* 92: 354-359.
- Schivazappa C, Degni M, Nanni Costa L, Russo V, Buttazzoni L, Virgili R, 2002. Analysis of raw meat to predict proteolysis in Parma ham. *Meat Sci.* 60, 77-83.
- Sellier P, Monin G, 1994. Genetics of pig meat quality: a review. *J. Muscle Foods* 5: 187-219.
- Sieczkowska H, Zybert A, Krzęcio E, Antosik K, Koćwin-Podsiadła M, Pierzchała M, Urbanski P, 2010a. The expression of genes PKM2 and CAST in the muscle tissue of pigs differentiated by glycolytic potential and drip loss, with reference to the genetic group. *Meat Sci.* 84: 137-142.
- Sieczkowska H, Koćwin-Podsiadła M, Zybert A, Krzęcio E, Antosik K, Kaminski S, Wojcik E, 2010b. The association between polymorphism of PKM2 gene and glycolytic potential and pork meat quality. *Meat Sci.* 84: 180-185.
- Soumillion A, Erkens JHF, Lenstra JA, Rettberger G, te Pas MFW, 1997. Genetic variation in the porcine myogenin gene locus. *Mamm. Gen.* 8: 564-568.
- Stachowiak M, Szydłowski M, Cieslak J, Switonski M, 2007. SNPs in the porcine PPARGC1A gene: interbreed differences and their phenotypic effects. *Cell. Mol. Biol. Lett.* 12(2): 231-239.
- Stalder KJ, Rothschild MF, Lonergan SM, 2005. Associations between two gene markers and indicator traits affecting fresh and dry-cured ham processing quality. *Meat Sci.* 69: 451-457.
- Škrlep M, Kavar T, Sante-Lhoutellier V, Čandek-Potokar M, 2009. Effect of I199V polymorphism on PRKAG3 gene on carcass and meat quality traits in Slovenian commercial pigs. *J. Muscle Foods* 20: 367-376.
- Škrlep M, Čandek-Potokar M, Kavar T, Žlender B, Hortos M, Gou P, Arnau J, Evans G, Southwood O, Diestre A, Robert N, Dutertre C, Sante-Lhoutellier V, 2010. Association of PRKAG3 and CAST genetic polymorphisms with traits of interest in dry-cured ham production: comparative study in France, Slovenia and Spain. *Livest. Sci.* 128: 60-66.

- Škrlep M, Čandek-Potokar M, Santé-Lhoutellier V, Gou P, 2011. Dry-cured ham "Kraški pršut" seasoning losses as affected by PRKAG3 and CAST polymorphisms. *Ital. J. Anim. Sci.* 10: 27-32.
- Škrlep M, Čandek-Potokar M, Žlender B, Robert N, Santé-Lhoutellier V, Gou P, 2012. PRKAG3 and CAST genetic polymorphisms and quality traits of dry-cured hams. 3., Associations in Slovenian dry-cured ham Kraški pršut and their dependence on processing. *Meat Sci.* 92: 360-365.
- Toldrá F, Flores M, Sanz Y, 1997. Dry cured ham flavour: Enzymatic generation and process influence. *Food Chem.* 59: 523-530.
- Urban T, Kuciel J, Mikolasova R, 2002. Polymorphism of genes encoding for ryanodine receptor, growth hormone, leptin and MYC proto onco-gene protein and meat production in Duroc pigs. *Cz. J. Anim. Sci.* 47: 411-417.
- Van Laere A-S, Nguyen M, Braunschweig M, Nezer C, Colette C, Moreau L, Archibald AL, Haley CS, Buys N, Tally M, Andersson G, Georges M, Andersson L, 2003. A regulatory mutation in IGF2 causes a major QTL effect on muscle growth in the pig. *Nature* 425: 832-836.
- Van den Maagdenburg K, Stickens A, Claeys E, Seynaeve M, Clinquart A, 2007. The Asp298Asn missense mutation in the porcine melanocortin-4-receptor (MC4R) gene can be used to affect growth and carcass traits without an effect on meat quality. *Animal* 1: 1089-1098.
- Verner J, Humpolíček P, Knoll A, 2007. Impact of MYOD family genes on pork traits in Large White and Landrace pigs. *J. Anim. Breed. Genet.* 124: 81-85.
- Vidal O, Varona L, Oliver MA, Noguera JL, Sanchez A, Amills M, 2006. Malic enzyme 1 genotype is associated with back fat thickness and meat quality traits. *Anim. Genet.* 37: 28-32.
- Virgili R, Schivazappa C, 2002. Muscle traits for long matured dried meats. *Meat Sci.* 62: 331-343.
- Vykoukalova Z, Knoll A, Dvořák J, Čepica S, 2006. New SNP in the IGF2 gene and association between this gene and backfat thickness and lean meat content in Large White pigs. *J. Anim. Breed. Genet.* 123: 204-207.
- Wang HL, Zhu ZM, Wang H, Yang SL, Zhao SH, Li K, 2006. Molecular characterization and association analysis of porcine CA3. *Cytogenet. Genome Res.* 115: 129-133.
- Wang W, Meng Q, Hu X, Li N, 2009. Genetic variation and association of insuline-like growth factor binding protein-3 with performance in swine. *Biochem. Genet.* 47: 315-321.
- Webb J, 2000. New opportunities for genetic change in pigs. *Adv. Pork Prod.* 11: 83-95.
- Wimmers K, Murani E, te Pas MF, Chang KC, Davoli R, 2007. Associations of functional candidate genes derived from gene-expression profiles of prenatal porcine muscle tissue with meat quality and muscle deposition. *Anim. Genet.* 38: 474-484.
- Xu XL, Li K, Peng ZZ, Zhao SH, Yu M, Zhu MJ, Xu SP, Du YQ, Liu B, 2008. Molecular characterization, expression and association analysis of porcine CMYA4 gene with carcass traits. *J. Anim. Breed. Genet.* 125: 234-239.
- Xu XL, Xu XW, Pan PW, Li K, Liang ZH, Yu M, Rothschild MF, Liu B, 2009. Porcine skeletal muscle differentially expressed gene CMYA1: isolation, characterization, mapping, expression and association analysis with carcass traits. *Anim. Genet.* 40: 255-261.
- Xue H-L, Zhou Z-X, 2006. Effects of the MyoG gene on the partial growth traits in pigs. *Acta Genetica Sinica* 33: 992-997.
- Yu TP, Tuggle CK, Schmitz CB, Rothschild MF, 1995. Association of PIT1 polymorphisms with growth and carcass traits. *J. Anim. Sci.* 73: 1282-1288.
- Yu M, Geiger B, Deeb N, Rothschild MF, 2006. Liver X receptor alpha and beta genes have the potential role on loin lean and fat content. *J. Anim. Breed. Genet.* 123: 81-88.
- Yu M, Geiger B, Deeb N, Rothschild MF, 2007. Investigation of TXNIP(thioredoxininteracting protein) and TRX (thioredoxin) genes for growth-related traits in pigs. *Mamm. Genome* 18: 197-209.
- Zhu ZM, Zhang JB, Li K, Zhao SH, 2005. Cloning, mapping and association study with carcass traits of the porcine SDHD gene. *Anim. Genet.* 36: 191-195.

Poglavje 3

Prehrana pitancev: mesnatost, kakovost mesa in slanine

Janez Salobir^{1*}
Vida Rezar¹

Povzetek. Prehrana pitancev odločilno vpliva ne le na mesnatost, ampak tudi na kakovost mesa in slanine ter s tem na primernost svinjine za predelavo v mesnine. V prvem delu so opisane osnove spreminjanja prehranskih potreb v času pitanja, povezave med zauživanjem energije ter nalaganjem mišičnega in maščobnega tkiva, pomen uravnavanja zauživanja krme oz. energije za doseganje zelene mesnatosti. Opisane so tudi najpomembnejše napake v prehrani, ki vodijo do slabe mesnatosti, vplivi prehrane pitancev na prehransko vrednost ter na tehnološko in senzorično kakovost mesa in slanine, ki so pomembni tudi za predelavo v mesnine.

1 Uvod

Prehrana ima pri prireji prašičjega mesa izreden pomen, saj vpliva na hitrost rasti in starostjo povezane spremembe v sestavi tkiv in telesa in tem tudi na mesnatost in kakovost klavnih trupov ter na tehnološko kakovost in prehransko vrednost mesa. Prehrana vpliva ne le na ekonomičnost reje, ampak tudi na ekonomičnost predelave mesa; še posebej takrat, ko želimo z njimi izdelati proizvode posebne kakovosti tako v konvencionalnih kot ekoloških rejah. Ob tem igra prehrana ključno vlogo tudi pri izenačenosti živali, kar je za uspešno prodajo in predelavo svežega in predelanega mesa enako pomembno. Vplivi prehrane na kakovost trupov in na kakovost surovine za izdelavo mesnin si bomo поблиže pogledali v posameznih podpoglavjih, dodali bomo tudi nekaj najpogostejših napak v prehrani pitancev.

2 Vpliv prehrane na klavno kakovost oziroma količino naložene mišičnine in maščob

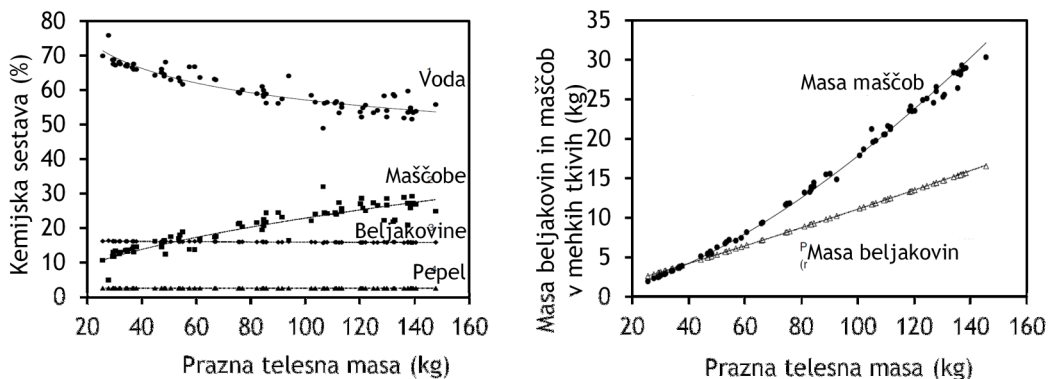
2.1 Prehranske potrebe se med pitanjem spreminjajo

Potrebe prašičev so v največji meri odvisne od telesne mase, sestave telesa ter velikosti in sestave prirasta. Za primerno pokrivanje prehranskih potreb pitancev moramo zato najprej poznati nekaj zakonitosti nalaganja mišičnine in maščobnega tkiva ter spreminjanja sestave dnevnega prirasta.

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

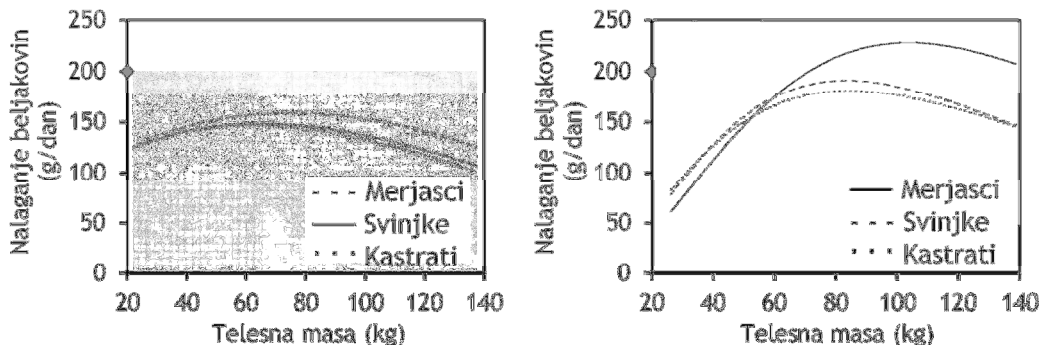
* janez.salobir@bf.uni-lj.si (Janez Salobir)

Prehranske potrebe pitancev so seveda odvisne od fizioloških potreb živali, ki so odvisne od genetskih dejavnikov spola in pasme oz. križanja ter od starosti. S starostjo se v telesu povečuje delež maščob, delež beljakovin in predvsem vode pa se zmanjšuje, zaradi tega se razmerje med količino naloženih beljakovin in maščob ves čas širi (slika 1). Ker je večina beljakovin v mišičnini in večina maščob v maščobnem tkivu, se na zelo podoben način spreminja tudi razmerje med mišičnim in maščobnim tkivom. Do sprememb prihaja, ker se s starostjo spreminja sposobnost za nalaganje mišičnine.



Slika 1: Spreminjanje kemijske sestave trupov ter količine maščob in beljakovin v telesu med rastjo v odvisnosti od starosti oz. telesne mase izražene kot prazna telesna masa, t.j. telesna masa brez vsebine prebavil (Mohrmann in sod., 2006)

Kot prikazuje slika 2 je sposobnost za nalaganje beljakovin, in s tem tudi potrebe po beljakovinah, odvisna ne le od starosti, ampak tudi od spola in od telesne mase. Pri nekaterih prašičih nastopi faza maksimalnega nalaganja beljakovin pri telesni masi 70 do 80 kg, pri merjascih in genetsko boljših živalih kasneje. S starostjo prične sposobnost za nalaganje beljakovin upadati, spet najkasneje pri merjascih in najprej pri kastratih. S starostjo upada tudi nalaganje maščobnega tkiva, vendar počasneje kot nalaganje beljakovin. Zaradi teh dejstev so dnevni prirasti v pitanju precej časa konstantni, vendar se spreminja njihova sestava. S starostjo začne prirast upadati najprej pri svinjkah in kastratih, šele zatem pri merjascih.



Slika 2: Tipična krivulja nalaganja beljakovin oz. spreminjanje potreb po beljakovinah pri merjascih, svinjkah in kastratih v času pitanja od 20 do 140 kg po ameriških (NRC, 2012) in danskih raziskavah (Danfær in Strath, 2012)

Za pokrivanje potreb živali, še posebej po energiji, je poleg nalaganja mišičnine potrebno poznati tudi nalaganje maščobnega tkiva. Tudi to je odvisno od genotipa, spola (preglednica 1) in starosti. Genetsko pogojenega razmerja med nalaganjem mišičnine in maščobnega tkiva se v praktičnih razmerah ne da spremeniti, razen v korist maščob z energijsko prebogato in/ali z beljakovinami in drugimi hranili prerevno prehrano. S starostjo se z upadanjem nalaganja mišičnine nalaganje maščobnega tkiva relativno in absolutno povečuje.

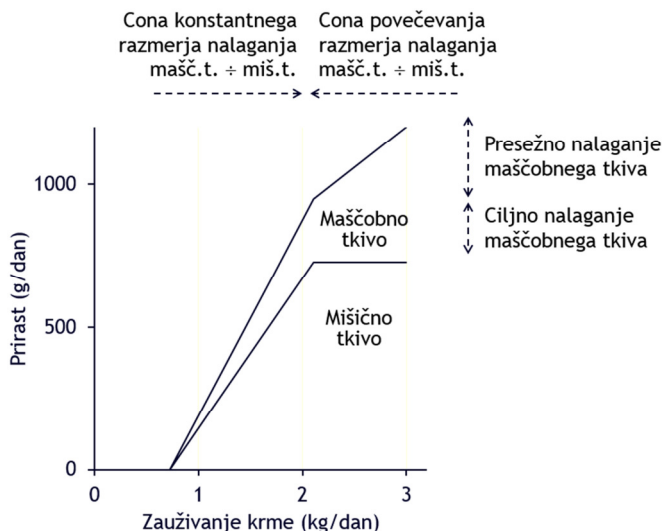
Preglednica 1: Razmerje med količino naloženih beljakovin in najmanjšo količino naloženih maščob v odvisnosti od genotipa in spola (po Kyriazakis in Whittemore, 2006)

Genotip	Količina naloženih telesnih maščob na g naloženih beljakovin (g maščob/g beljakovin)
V uporabi:	
- merjasci	0,9
- svinjke	1,1
- moški kastrati	1,2
Komercialni:	
- merjasci	0,7
- svinjke	0,9
- moški kastrati	1,0
Izboljšani:	
- merjasci	0,5
- svinjke	0,7
- moški kastrati	0,8
Nukleus:	
- merjasci	0,4
- svinjke	0,5

2.2 Povezava med zauživanjem energije ter nalaganjem beljakovin in maščob oz. mišičnega in maščobnega tkiva

Ob primerni oskrbi s hranili so glavni dejavniki velikosti in sestave prirasta mesnatost in telesna masa ob določeni starost ter sposobnost oz. predispozicija za nalaganje mišičnine, maščobnega tkiva ter zauživanje energije oz. intenzivnost pitanja. Vse troje je seveda odvisno od genotipa živali, starosti in stopnje izkoriščenja njihovega genetskega potenciala v praksi.

Zakovitost, kako intenzivnost pitanja vpliva na velikost in sestavo prirasta ponazarja poenostavljen angleški model (slika 3). Model prikazuje, da se s povečevanjem zauživanja krme povečuje dnevni prirast, njegova sestava pa ni ves čas konstantna. V začetnem delu se nalaganje mišičnine in maščob z zauživanjem krme povečuje v konstantnem razmerju, a le do točke, ko nalaganje mišičnine doseže maksimum in ki jo imenujemo maksimalna sposobnost za nalaganje mišičnine, v tem primeru okoli 700 g na dan. Tudi če žival zaužije še več krme, se nalaganje mišičnine ne bo več povečalo. Vsa energija zaužita nad to količino se zato nalaga v maščobno tkivo. Razmerje med naloženim mišičnim in maščobnim tkivom se s povečevanjem zauživanja krme od te točke prične širiti, nalagati se prične presežna maščoba in s tem se slabša tudi mesnatost.



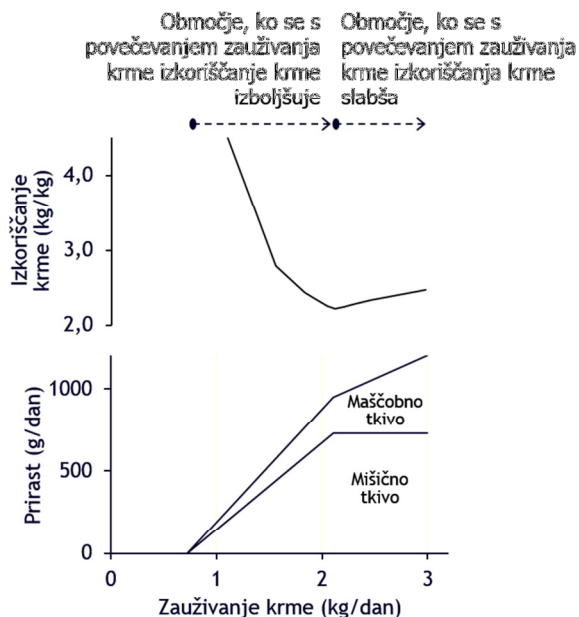
Slika 3: Povezava med zauživanjem krme in nalaganjem mišičnega (miš.t.) in maščobnega (mašč.t) tkiva pri 50 kg pitancu (prilagojeno po Kyriazakis in Whittemore, 2006)

Prehranske potrebe za rast so odvisne od velikosti in sestave prirasta. Okvirno potrebuje prašič za kilogram puste mišičnine okoli 10 MJ metabolne energije (ME) in 400 g surovih beljakovin, za kilogram maščobnega tkiva pa kar 43 MJ ME in le 100 g surovih beljakovin (preračunano po GfE, 2006). V kilogramih krmne mešanice to pomeni z vidika energije slab kg krmne mešanice za kg pustega mesa in 3 kg za kg slanine, z vidika beljakovin toliko beljakovin kot jih je v slabem kg sojinih tropin za kg pustega mesa oz. kot v slabem kg ječmena za kg slanine. Zaradi teh zakonitosti potrebujejo mesnati prašiči za kg prirasta precej več beljakovin, a manj energije kot mastni prašiči, kar seveda vpliva tudi na izkoriščanje krme (konverzijo).

Za dobro izkoriščanje krme sta potrebna dva pogoja:

- velik prirast: večji kot so dnevni prirasti, manjši je delež vzdrževalne krme in večji je delež produkcijske krme,
- dobra sestava prirasta: boljše kot je mesnatost, bolj učinkovito je nalaganje.

Zato se s povečevanjem zauživanja krme do maksimalne sposobnosti za nalaganje mišičnine konverzija zaradi zmanjševanja deleža vzdrževalne krme izboljšuje, od tam naprej se zaradi vse bolj neugodne sestave prirasta slabša (slika 4), s tem pa seveda tudi sestava klavnih trupov oz. mesnatost (preglednica 2). Najboljšo mesnatost in konverzijo pitanci zato dosežejo takrat, ko žrejo toliko krme oz. energije, kot je potrebujejo za maksimalno nalaganje mišičnine in nič več.



Slika 4: Simulacija povezave med zauživanjem in izkoriščanjem krme pri 50 kg pitancu v povezavi z nalaganjem mišičnine in maščobnega tkiva (dopolnjeno po GfE, 2006; prilagojeno po Kyriazakis in Whittemore, 2006)

Preglednica 2: Vpliv dnevnega zauživanja energije oz. krme na rast mladic (po Schinckel, 2001)

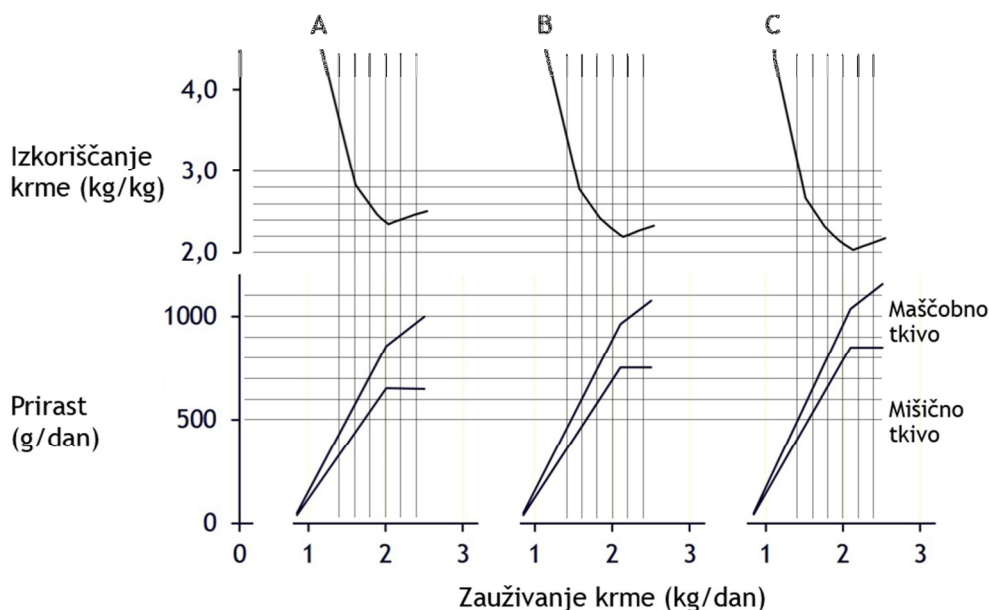
Zaužita energija/ krma, kg	31,2 MJ ME / 2,5 kg	33,7 MJ ME / 2,7 kg	36,1 MJ ME / 2,9 kg	38,1 MJ ME / 3,1 kg
Prirast mišičnega tkiva (g/dan)	322	363	390	391
Prirast maščobnega tkiva (g/dan)	150	163	204	231
Debelina hrbtna slanina (mm)	18,3	19,3	20,0	22,3
Prirast (g/dan)	720	780	830	870
Poraba krme na kg mišičnine (kg/kg)	6,80	6,28	6,28	6,62

Če se zauživanje krme okoli optimalne konverzije spremeni le za npr. $\pm 10\%$, se to na konverziji ne pozna, pozna se pri nekoliko večjem oz. manjšem prirastu in predvsem pri za 1-2 % boljši oz. slabši mesnatosti. Zaradi tega je v običajnih razmerah na trgu najugodnejše pitati s tisto količino krme, ki je čim bližje maksimalni sposobnosti za zauživanje krme, raje malo manj intenzivno kot preveč.

Povezava med mesnatostjo prašičev, zauživanjem in izkoriščanjem krme postane zelo zanimiva, če primerjamo, kako krmo izkoriščajo različni prašiči. Na sliki 5 so prikazani trije genotipi, ki so lahko ilustracija razlik ne le med bolj in manj mesnatimi genotipi, ampak tudi med spoli: prašič A, ki je sposoben nalagati najmanj mišičnine in obenem največ maščob lahko predstavlja kastrate ter slabo mesnate križance in prašiče

avtohtonih pasem, prašič C merjasce in genetsko najboljše križance, prašič B svinjke in povprečno mesnate pasme.

Zaradi teh razlik so različni spoli in pasme oz. križanci sposobni pri zauživanju enake količine krme, v tem primeru npr. pri zauživanju 2 kg na dan, krmo spremeniti v različno velike priraste različne sestave, pri tem pa imajo seveda tudi različne potrebe po beljakovinah potrebnih za doseganje nalaganja mišičnine. Prašič A bo zato potreboval v krmi najmanjšo koncentracijo beljakovin, prašič C pa največjo. Relativna razlika v potrebah po koncentraciji beljakovin v krmi lahko znaša tudi več kot 20 %.



Slika 5: Povezava med zauživanjem krme in nalaganjem mišičnega in maščobnega tkiva pri 50 kg pitancih različnih genotipov (dopolnjeno po GfE, 2006; prilagojeno po Kyriazakis in Whittimore, 2006)

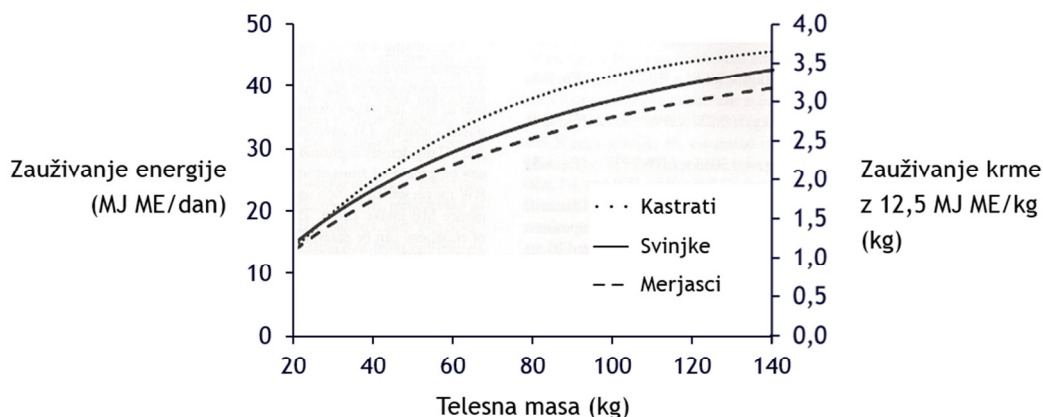
2.3 Vpliv zauživanja krme na rast mišičnega in maščobnega tkiva

Apetit in s tem zauživanje krme je pravzaprav izraz potreb po energiji in hranilih, pri čemer igra pri kolikor toliko dobri oskrbi s hranili zauživanje energije najpomembnejšo vlogo.

Potrebe pitancev so seveda sestavljene iz potreb za vzdrževanje in nalaganje puste mišičnine in maščobnega tkiva, ki se v času pitanja spreminjajo tako kvantitativno kot kvalitativno. Selekcija prašičev na mesnatost je v zadnjih desetletjih pripeljala do živali z veliko kapaciteto za rast mišičnega tkiva, ki obenem nalagajo bistveno manj maščob oz. slanine. Ker je za nalaganje mišičnega tkiva potrebno 4-krat manj energije kot za nalaganje maščobnega, so se dnevne potrebe modernih prašičev po energiji, in s tem dnevno zauživanje krme, zmanjšale v kljub večjim dnevnim prirastom. Po danskih podatkih se je dnevno zauživanje krme v zgodnjih 80-ih zmanjševalo letno za 30 g na

dan, po letu 1990 pa ostaja precej konstantno, vkljub temu, da se dnevno nalaganje mišičnine povečuje letno za 4 g na dan (Tauson, 2012).

Na zauživanje krme vpliva seveda tudi spol. Kot prikazuje slika 6 požrejo največ krme kastrati, sledijo jim svinjke, najmanj pa požrejo merjasci. Razlike v zauživanju so odraz potreb po energiji: kastrati morajo za enako velik prirast zaradi večjega deleža maščob požreti seveda več energije oz. krme. Razlike med spoli v sposobnosti za nalaganje mišičnega in maščobnega tkiva ter zauživanju krme vodijo do različnih proizvodnih rezultatov, ki jih ilustrira preglednica 3.



Slika 6: Tipičen potek zauživanja energije in krme v času pitanja pri merjascih, svinjках in kastratih (po NRC, 2012)

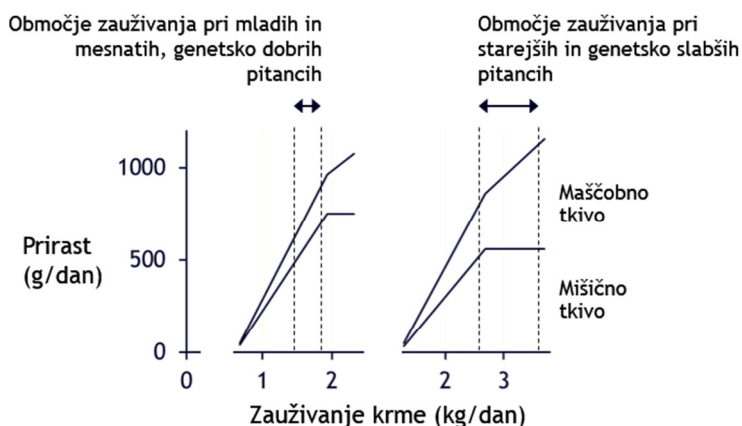
Preglednica 3: Modelna ocena proizvodnih rezultatov kot posledica razlik v zauživanju krme in nalaganju mišičnega in maščobnega tkiva pri svinjках, kastratih in merjascih pitanih od 20 do 130 kg (po NRC, 2012)

	Svinjke	Kastrati	Merjasci
Masa na koncu pitanja (kg)	130,6	130,5	130,2
Zauživanje krme* (kg/dan)	2,18	2,34	2,10
Prirast (g/dan)	819	857	841
Prirast beljakovin (g/dan)	132	130	143
Prirast maščob (g/dan)	234	277	207
Debelina hrbtna slanina (mm)	17,5	20,9	14,3
Izkoriščanje krme (kg/kg)	2,66	2,73	2,49

* upoštevan raztros

Če prašiče krmimo po volji, potem je zauživanje krme vodeno predvsem z občutkom sitosti, ki je reguliran s fizičnimi in/ali kemičnimi dražljaji (Christiansen, 2010). Pri mladih pitancih do telesne mase 50-60 kg, ko imajo velike potrebe glede na relativno majhna prebavila, je glavni dejavnik zauživanja energije fizična omejitev zauživanja krme. Te živali so fiziološko lačne, s to količino pogosto niti ne dosežejo maksimalne sposobnosti za nalaganje mišičnine; požrle bi več krme, a imajo polna prebavila oz. so

dosegle svoj fizični maksimum. Pri težjih prašičih, to je lahko pri genetsko slabših, sploh kastratih, že od telesne mase 60-80 kg, so potrebe glede na velikost prebavil manjše, zato lahko brez težav zaužije toliko krme, da zadovoljijo fiziološko lakoto. Če je količina te krme premajhna, da bi imeli fizičen občutek sitosti, žrejo več, preko maksimalne sposobnosti za nalaganje mišičnine, in se zato zamastijo. Pri genetsko boljših živali, sploh merjascih, z veliko kapaciteto za nalaganje mišičnine, do tega ne pride, ali pri bistveno večji telesni masi. V kakšnem območju se giblje zauživanje krme glede na nalaganje mišičnine in maščobnega tkiva poenostavljeno prikazuje slika 7.



Slika 7: Vpliv starosti in genotipa na sposobnost za zauživanje krme oziroma apetit ter na sestavo prirasta

Iz opisanega vidimo, kako je za doseganje dobre mesnatosti pomembno, da imamo v hlevu ne le rastne in mesnate prašiče, ampak da jih tudi krmimo s primerno količino krme oz. energije. Seveda ob tem ne smemo pozabiti na zadostno oskrbo z beljakovinami in ostalimi hranili. V kolikor je oskrba npr. z beljakovinami premajhna, se prašiči zamastijo, ker jim primanjkuje beljakovin za nalaganje mišičnine, to energijo naložijo v maščobno tkivo. Taki prašiči imajo zato ne le slabo mesnatost, ampak tudi počasneje rastejo in slabše izkoriščajo krmo.

Na zauživanje krme lahko vpliva tudi koncentracija hranil v krmi (Tauson, 2012). Če imajo prašiči na voljo krmila z različno vsebnostjo beljakovin, so do neke mere sposobni izbirati krmila tako da pokrijejo potrebe, kar pomeni, da ne pride niti do pomanjkanja, niti do prekomernega zauživanja beljakovin. Obstaja tudi regulacija zauživanja aminokislin, a je manj izrazita. Tudi škodljive snovi krme vplivajo na zauživanje krme preko različnih poti delovanja (po Tauson, 2012):

- zavirajo prebavo ali presnovo hranil: inhibitorji proteinaz, lektini, saponini, polifenoli,
- zavirajo prebavo ogljikovih hidratov: inhibitorji amilaze, polifenoli, faktorji flatulence,
- inaktivirajo vitamine ali povečajo potrebe po določenih vitaminih (antivitamini),
- stimulirajo imunski sistem: antigeni proteini, alergogeni.

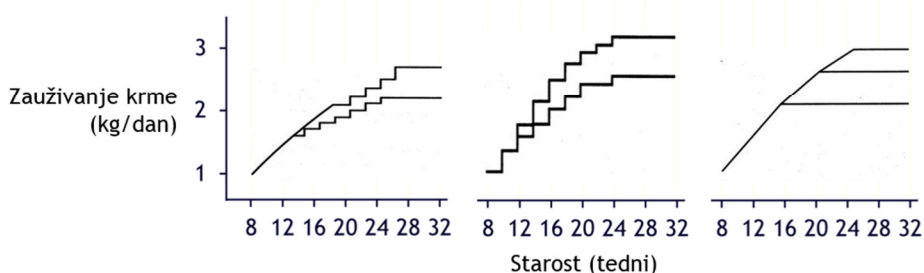
2.4 Uravnavanje zauživanja krme oz. energije

Iz opisanega je razvidno tudi, da je za doseganje želeno mesnatosti in proizvodnih rezultatov ključnega pomena uravnavanje zauživanja energije oz. krme. Krmljenje po volji ves čas pitanja je seveda vsaj na videz najbolj enostavno, a je uspešno le z zelo mesnatimi križanci, pogosto le pri merjascih. Pri svinjkah in še posebej kastratih, sploh če so ti slabšega genotipa, je potrebno poseči po omejenem krmljenju, saj bi se ti sicer zamastili. Omejenem krmljenju pravimo tudi restriktivno krmljenje ali krmljenje po rastni krivulji. Razlike v pitovnih rezultatih in mesnatosti različnih spolov pri krmljenju po volji in omejenem krmljenju prikazujeta slika 8 in preglednica 4.

Preglednica 4: Vpliv dveh ravni krmljenja na rast in klavno kakovost v odvisnosti od spola (Kyriazakis in Whittemore, 2006)

	Krmljenje po volji			Omejeno krmljenje		
	Merjasci	Svinjke	Kastrati	Merjasci	Svinjke	Kastrati
Zauživanje krme (kg/dan)	2,1	2,1	2,3	1,7	1,7	1,7
Prirast (g/dan)	0,86	0,79	0,82	0,72	0,68	0,64
Debelina hrbtno slanine (mm)	11,6	12,0	14,7	10,3	10,2	12,3
Mesnatost (%)	57	56	53	59	59	55
Prirast mišičnine (g/dan)	390	360	340	330	320	280

Kadar je treba količino krme omejiti, je na voljo več strategij krmljenja oziroma krmnih programov, ki morajo seveda ustrezati lastnostim živali in ekonomskim in drugim ciljem pitanja. Slika 8 prikazuje tri krmne programe oz. strategije krmljenja, pri katerih je povečevanje količine krme lahko zvezno, lahko stopničasto v tedenskih intervalih, na začetku pitanja je lahko tudi faza krmljenja po volji ali *semi ad libitum*. Bolj obilni programi so primerni za pitanje mesnatih prašičev ter tudi v primeru, ko imamo manj mesnate prašiče, a mesnatost ni tako pomembna ali celo želimo doseči večjo stopnjo zamaščenosti, npr. zaradi predelave v mesnino.



Slika 8: Različne oblike krmnih programov (prilagojeno po Kyriazakis in Whittemore, 2006)

Po danskih priporočilih (Christiansen, 2010) pomeni krmljenje po volji (*ad libitum*) dostop do krme dan in noč, pri čemer je potrebno krmilnike zaradi higiene izprazniti vsaj enkrat na teden. Za živali, ki so nekoliko manj mesnate je primerno lahko tudi krmljenje delno po volji (*semi ad libitum*), kar pomeni, da prašiči izpraznijo krmilnike po pričetku krmljenja v predpitanju (do 60 kg) v 30 minutah, v zaključnem pitanju od 60 kg naprej pa v 15-30 minutah; krmimo jih 2-5 krat na dan.

Krmnih programov je veliko, predlagajo jih tako različne države kot rejske organizacije. Primer dobrega krmnega programa je gotovo danski (preglednica 5).

Preglednica 5: Krmni program in rastna krivulja po odstavitvi (po Tybirk in sod., 2013 in Christiansen, 2010)

Teden po odstavitvi	Telesna masa (kg)	Zauživanje krme* (kg/dan)	Kumulativno zauživanje krme* (kg/dan)	Dnevni prirast v tednu (g/dan)	Kumulativni dnevni prirast (g/dan)	Kumulativno izkoriščanje krme (kg/kg)
6	25,0	1,41	38,3	669	416	1,98
7	29,9	1,61	50,0	734	547	2,02
8	35,2	1,82	62,7	795	495	2,06
9	40,9	2,03	76,6	849	531	2,11
10	47,0	2,23	92,5	896	564	2,16
11	53,4	2,43	110,6	936	596	2,21
12	60,0	2,63	129,7	967	626	2,27
13	66,9	2,81	150,0	991	653	2,32
14	73,8	2,85	171,2	965	677	2,38
15	80,4	2,85	192,5	927	695	2,44
16	86,8	2,85	213,8	892	708	2,49
17	93,0	2,85	235,0	859	718	2,55
18	98,9	2,85	255,2	829	725	2,60
19	104,6	2,85	276,5	801	730	2,65
20	110,1	2,85	297,8	776	733	2,70
21	115,5	2,85	319,0	753	735	2,76
22	120,7	2,85	340,3	731	735	2,80
Povprečje 30 - 100 kg		2,66			900	2,80

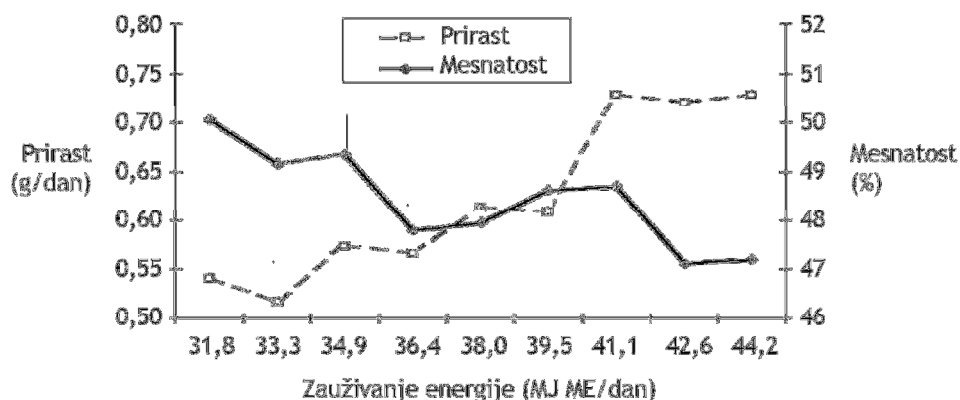
* krma z 12,6 MJ ME/kg

Po volji krmimo, če sposobnost prašičev za zauživanje krme bistveno ne presega sposobnosti za nalaganje mišičnine. Če ni tako, jim lahko oz. moramo omejiti količino zaužite krme. Po navadi je omejevanje zauživanja smiselno pri telesni masi 60-80 kg. Zaradi razlik med spoli je priporočljivo količino ponujene krme najprej omejiti pri kastratih, šele nato pri svinjkah. Danci tako priporočajo omejevanje krme pri kastratih pri telesni masi okoli 55 kg, pri svinjkah pa kasneje, okoli 80 kg (Christiansen, 2010).

V praksi je zelo pogosto, sploh pri pitanju na večjo težo, primerna največ 80- do 90-odstotna intenzivnost krmljenja (kar pomeni 80 do 90 odstotkov od količine, ki bi jo zaužili po volji). Ta omogoča še sorazmerno velike dnevne priraste, kratek čas pitanja in zadovoljivo klavno kakovost. Tudi izkoriščanje krme je zaradi manjšega deleža maščob v prirastu boljše kot pri 100-odstotni intenzivnosti. Če pa je intenzivnost pitanja še manjša, se zaradi majhnih dnevnih prirastov in povečanega deleža vzdrževalne krme poveča poraba krme na kilogram prirasta.

Urnavanje zauživanja energije je še posebej pomembno pri pitanju na visoko težo za pršute, npr. v primeru parmskih pršutov do okoli 160 kg. Ta proizvodnja zahteva seveda dobre proizvodne rezultate, vključno z mesnatostjo, a tudi zadostno zamaščenost oz.

pokritost šunk s slanino. Pri takem pitanju je za doseganje primerne mesnatosti zauživanje energije na zaključku pitanja (od okoli 90 kg) potrebno omejiti, a le do tiste mere, ki še zagotavlja zadostno zamaščenost. Kdaj uvesti restrikcijo in kako močna naj bo, je odvisno od genotipa in zahtev za mesnatost trupov. Pri zelo mesnatih genotipih mora biti restrikcija energije manjša kot pri manj mesnatih. Slika 9 prikazuje vpliv zauživanja energije na proizvodne lastnosti pri pitanju na večjo težo, ki kaže, da v tem primeru veliko zauživanje energije v zaključku pitanja poveča hitrost rasti in zmanjša mesnatost, a za ta tip proizvodnje do sprejemljivih 47 % (Bosi in Russo, 2004; CDP - Consorzio del Prosciutto di Parma, 1992).



Slika 9: Vpliv zauživanja energije na proizvodne lastnosti pri pitanju na večjo težo (92 do 160 kg) pri težkih italijanskih prašičih. Večje zauživanje energije je bilo doseženo z dodajanjem 0,1 do 0,8 kg koruznega škroba (17,2 MJ ME/kg) v 0,1 kg intervalih k 2,6 kg težkem osnovnem obroku (Cacciavillani in Bosi, 1996).

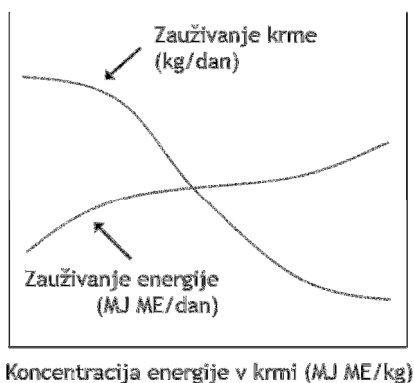
S spreminjanjem količine zaužite krme pravzaprav spreminjamo količino zaužite energije. To lahko naredimo tudi tako, da zmanjšamo ali povečamo energijsko in hranilno vrednost krme. Kot prikazuje slika 10 prašiči, tako kot druge živali, zaužijejo nekaj več energije, če je energijska vrednost krme večja, in manj, če je ta manjša (Cole in Chad, 1989).

Na energijsko vrednost krme vplivamo seveda z njeno sestavo. Če vanjo vključimo več energijsko revnih krmil (otrobi, pesni rezanci, dehidrirana lucerna) namesto bogatih (koruza, maščobe in olja), je njena energijska vrednost manjša. Če povečamo energijsko in hranilno vrednost krme, žival ob enaki količini zaužite krme dobi več energije in hranljivih snovi.

Povečevanje koncentracij energije in hranil v krmi je smiselno predvsem pri mladih živalih, ki imajo glede na potrebe premajhno sposobnost za zauživanje krme, in pri pasmah, ki imajo sicer majhno sposobnost za zauživanje krme, a veliko za nalaganje mišičnine. Pogosto so zaradi tega živali nekoliko bolj zamaščene, vendar je vpliv na velikost prirasta in izkoriščanje krme pri takih živalih po navadi izrazitejši. Manjšo koncentracijo energije je smiselno uporabljati pri živalih, katerih sposobnost za zauživanje krme presega sposobnost za nalaganje mišičnine. To so največkrat kastrati od mase okoli 60 kg in prašiči manj mesnatih pasem ali križanj. Zaradi tega v krmi za

pitance v predpitanju uporabljamo krmo z več energije kot v zaključku pitanja; npr. na začetku 13,5 MJ ME/kg, na koncu 13 MJ ME/kg.

Da bi dosegli zastavljene cilje pitanja, je potrebno poznati lastnosti živali in spremljati rezultate in pogoje pitanja: hitrost rasti, porabo in izkoriščanje krme v posameznih obdobjih, mesnatost ter tudi ceno krmil in klavnih polovic glede na mesnatost. Le s takimi podatki se lahko odločamo, kakšno strategijo krmljenja bomo uporabljali in kako jo bomo prilagajali.



Slika 10: Vpliv koncentracije energije v krmi na zauživanje krme po volji in na zauživanje energije (Cole in Chad, 1989)

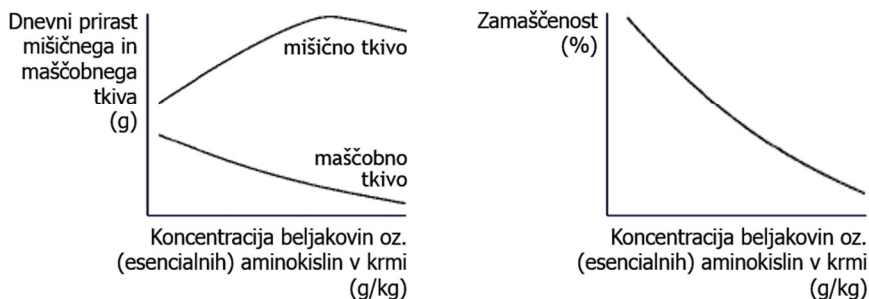
2.5 Oskrba s hranili in napake v prehrani, ki vodijo do slabe mesnatosti

2.5.1 Oskrba s hranili in mesnatost

Oskrba s hranili je seveda ključna za zagotavljanje dobrih pitovnih in klavnih rezultatov. Predvsem je potrebno poudariti, da preslaba oskrba poslabša mesnatost. Najpogosteje verjetno primanjkuje beljakovin in esencialnih aminokislin, a tudi pomanjkanje drugih hranil se slej ko prej odrazi tudi v slabši mesnatosti.

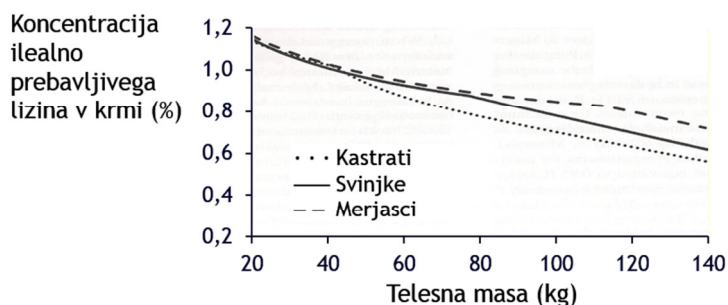
Pogosto slišimo, da večje zauživanje beljakovin in aminokislin izboljša mesnatost in pitovne rezultate, a resnica je, da so ti slabši, če je beljakovin oz. aminokislin premalo. To ponazarja tudi slika 11, ki sicer kaže, da se s povečevanjem koncentracije beljakovin (aminokislin) delež maščobnega tkiva zmanjšuje zaradi večjega nalaganja mišičnine in manjšega nalaganja maščobnega tkiva. Pri tem je treba poudariti, da preveč beljakovin prav tako ni dobro, saj presežki beljakovin zmanjšajo nalaganje mišičnine.

Ni pa pomanjkanje aminokislin vedno samo nezaželeno. Kot povzemajo Dugan s sodelavci (2004) lahko slabša oskrba z aminokislinami izboljša marmoriranost mesa, kar je lahko ugodno za senzorično kakovost mesa in mesnin. Tak rezultat je seveda pričakovan, saj pomanjkanje beljakovin poveča zamaščenost celotnega trupa. Vendar to gotovo ni pravi način za doseganje zelene zamaščenosti in primerne vsebnosti maščob v mesu, prava pot je gotovo izbira primerne genotipa.



Slika 11: Vpliv koncentracije beljakovin oz. (esencialnih) aminokislin na nalaganje mišičnega in maščobnega tkiva ter na zamaščenost (po Kyriazakis in Whittemore, 2006)

Potrebe po beljakovinah se med spoli in različnimi križanci razlikujejo, saj je sposobnost glede na genotip lahko zelo različna. Slika 12 prikazuje spreminjanje potreb za vsebnost esencialne aminokislina lizina v krmi v času pitanju v odvisnosti od spola. V začetnem delu pitanja, ko imajo vsi spoli podobne potrebe oz. sposobnost za nalaganje mišičnine, so tudi potrebe za vsebnost lizina podobne, kasneje se potrebe najhitreje zmanjšujejo pri kastratih, nato pri svinjkah, pri merjascih pa ves čas ostajajo najvišje. Za doseganje dobre mesnatosti moramo zato pri pitanju mešanih spolov upoštevati zahteve tistih z večjo sposobnostjo za nalaganje mišičnine (merjascev oz. svinjk).



Slika 12: Razlike v potrebah po lizinu med spoli v času pitanja (NRC, 2012)

2.5.2 Napake v prehrani, ki vodijo do slabe mesnatosti

Najpomembnejše napake v prehrani pitancev, ki vodijo do slabe mesnatosti so pogojene ne le z napačno oskrbo s hranili, ampak tudi s premajhno ali preveliko količino ponujene krme, do katere lahko pride tudi zaradi napačne tehnologije (krmilni prostor, gostota naselitve, klima itd.).

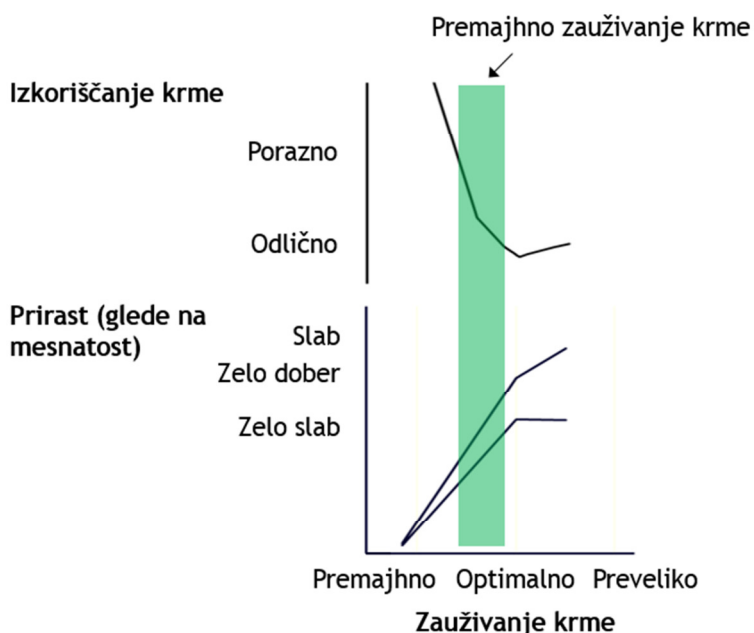
Nezadostno zauživanje krme oz. energije

Premajhno zauživanje krme vodi do manjših dnevnih prirastov, slabše konverzije in podaljšanja trajanja pitanja. Prav tako je pri premajhnem zauživanju krme mesnatost slabša. Vzroki za premajhno količino zaužite energije (slika 13) so najpogosteje:

- premajhna količina ponujene krme in/ali krma s premajhno koncentracijo energije, ki je pitanci ne morejo požreti toliko, kot bi potrebovali,
- premalo krmilnih mest in/ali neprimerni krmilniki, tako da vse živali ne pridejo (naenkrat) do krme,

- prevelika gostota naselitve,
- plesniva, neokusna, prašna krma,
- premalo vode (premalo napajalnikov, premajhen pretok, umazani napajalniki itd.),
- vročina, mraz,
- slab zrak oz. nezadostno, neustrezno prezračevanje,
- preslaba osvetlitev,
- slaba higiena, bolezni.

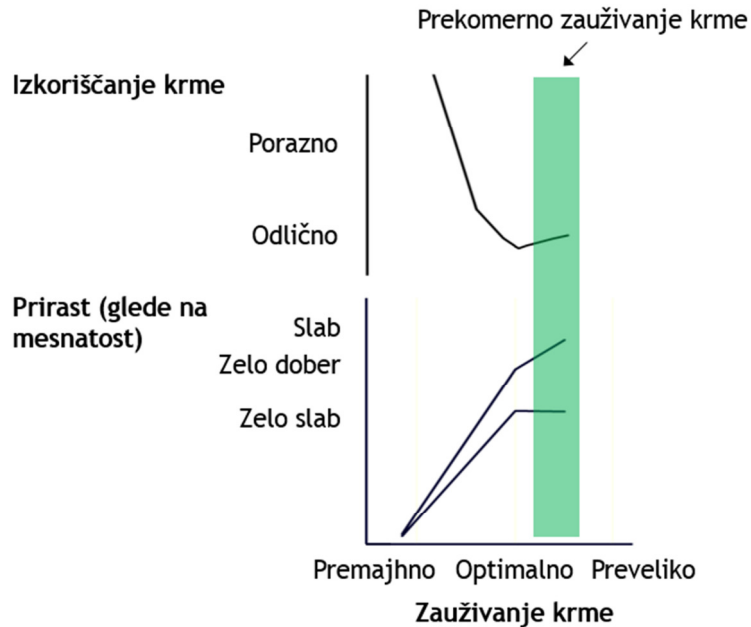
Nevarnost premajhnega zauživanja krme oz. energije je največja pri mladih živalih, ki imajo veliko sposobnost nalaganja mišičnine in jih je zato vedno potrebno krmiti po volji.



Slika 13: Vpliv premajhnega zauživanja krme na velikost in sestavo prirasta in s tem na mesnatost in izkoriščanje krme

Prekomerno krmljenje (slika 14) vodi sicer do nekoliko večjih dnevni prirastov, a do slabše ali celo zelo slabe mesnatosti in večje porabe krme za kg prirasta. Vzroki:

- preveč krme in/ali krma s preveliko koncentracijo energije, ki vodi do prevelikega zauživanja energije,
- pitanje pasem oz. križancev ter starejših živali, ki imajo glede na zauživanje energije premajhno sposobnost za nalaganje mišičnine (mesa).



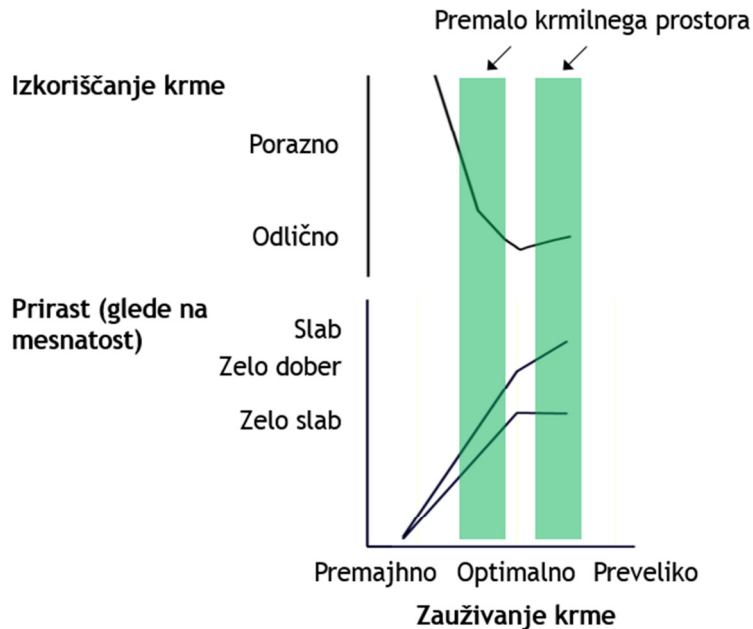
Slika 14: Vpliv prekomernega zauživanja krme na velikost in sestavo prirasta in s tem na mesnatost in izkoriščanje krme

Nevarnost prekomernega zauživanja krme oz. energije obstaja predvsem proti koncu pitanja in je največja pri kastratih in manj mesnatih prašičih.

Premalo krmilnega prostora (slika 15) vodi do tega, da nekateri pitalci (veliki, močni) dobijo veliko krme, drugi (majhni) pa izrazito premalo. V prvem delu pitanja se prvi zato zamastijo, drugi pa ne rastejo. Po navadi je treba potem tiste, ki so veliko žrli, zaklati prej in ostale pitati naprej. Prvi so zaradi prekomernega zauživanja krme zamaščeni, drugi skušajo potem nadoknaditi zaostanek, žrejo preveč in se tudi zamastijo. Rezultat takega pitanja je zato poleg zelo slabe izenačenosti živali ter težav z izvedbo pitanja in zakola tudi zelo slaba mesnatost in izkoriščanje krme.

Do podobnih problemov privede na primer:

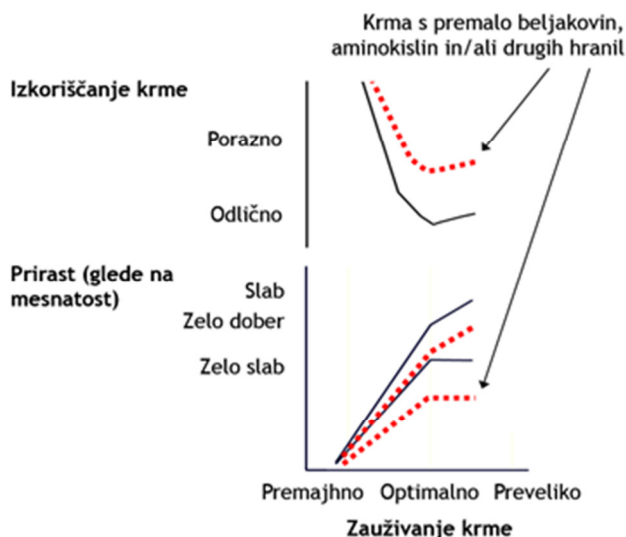
- nered pri krmljenju (opuščanje obrokov...),
- krmljenje "danes veliko, jutri malo" ali "danes ob treh jutri ob osmih",
- krmljenje 1-krat na dan,
- pomanjkljiva higiena.



Slika 15: Vpliv premalo krmilnega prostora na velikost in sestavo prirasta in s tem na mesnatost in izkoriščanje krme

Kot je razvidno že iz slike 11 poslabša mesnatost in tudi proizvodne rezultate seveda tudi krma s premalo beljakovin, (esencialnih) aminokislin in drugih hranil (slika 16). Pomanjkanje beljakovin je še posebej nevarno na začetku pitanja. Vzroki:

- napačna sestava krmne mešanice, ki ne vključuje potrebne količine beljakovin, (esencialnih) aminokislin in drugih hranil,
- nespametno redčenje popolne krmne mešanice za pitanje; na primer s poceni domačimi žiti, kar povzroči, da vsebnost hranil (beljakovin, aminokislin, mineralov itd.) v mešanici pade pod vsebnost, ki omogoča pokrivanje potreb.



Slika 16. Vpliv krme s premalo beljakovin, aminokislin in/ali drugih hranil na velikost in sestavo prirasta ter s tem na mesnatost in izkoriščanje krme

Posledice nespametnega redčenja popolnih krmnih mešanic so na primeru redčenja s koruso prikazane v preglednici 1. Že enostaven izračun na osnovi ocene sprememb pitovnih in klavnih lastnosti kaže, da se zaradi poslabšanja mesnatosti in izkoriščanja krme ter podaljšanja pitanja redčenje ne izplača celo v primeru, če bi bila korusa bistveno cenejša od krmne mešanice.

Preglednica 6: Modelni izračun vpliva "nespametnega" redčenja popolne krmne mešanice s "poceni" domačo koruso na pitovne in klavne lastnosti v pitanju od 30 do 110 kg

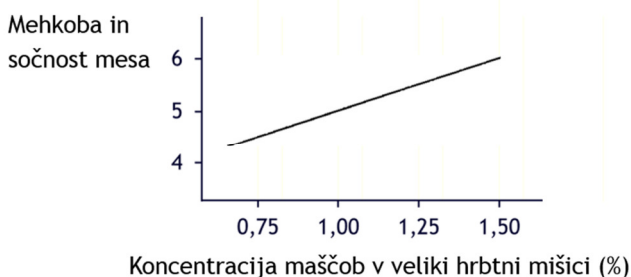
Popolna krmna mešanica, %	100	85	70	50	0
Korusa, %	0	15	30	50	100
Koncentracija beljakovin v mešanici (%)	16,0	14,8	12,8	12,0	8,0
Trajanje pitanja, dni	90	95	104	107	130
Dnevni prirast, g	880	840	825	750	615
Poraba krme, kg	190	200	205	220	265
Izkoriščanje krme, kg/kg	2,35	2,45	2,50	2,75	3,35
Mesnatost, %	57	54	50	48	43

3 Vpliv prehrane pitancev na tehnološko in senzorično kakovost ter prehransko vrednost mesa in slanine

Prehrana vpliva na kakovost mesa in slanine tako zaradi vpliva na starost živali ob zakolu in s tem povezanimi spremembami npr. v vsebnosti in kakovosti vezivnega tkiva, sposobnosti za vezavo vode v mišicah ipd., kot preko oskrbe z nekaterimi hranili. Prehrana oz. oskrba s hranili pa ne vpliva le na tehnološko in senzorično, ampak tudi na prehransko vrednost mesa in slanine.

Na tehnološko in senzorično kakovost mesa zelo močno vpliva že sama vsebnost maščob v mesu (slika 17). Ta je odvisna tako od genotipa živali kot od prehrane in drugih pogojev reje. Zaradi selekcije in izboljšanja tehnologije se je v zadnjih desetletjih delež maščob ne le v trupu, ampak tudi v mesu zmanjšal. Ker je vsebnost maščob v mesu zelo povezana s sočnostjo, okusom in drugimi senzoričnimi lastnostmi mesa, se je vzporedno z zmanjšanjem zamaščenosti zmanjšala tudi okusnost mesa (preglednica 7).

Prehrana seveda vpliva na zamaščenost. Prekomerno krmljenje, pomanjkanje beljakovin in še pogosteje pomanjkanje esencialnih aminokislin zamaščenost, kot opisano, seveda povečata. A ta dva dejavnika, še posebej slednji, v dobri tehnologiji pitanja prašičev seveda ne moreta biti ukrepa za doseganje zelene zamaščenosti in vsebnosti maščob v mesu.



Slika 17: Vpliv količine intramuskularnih maščob v mesu na senzorične lastnosti mesa (Kyriazakis in Whittemore, 2006)

Preglednica 7: Povezanost med spreminjanjem mesnatosti - zamaščenosti in senzoričnih lastnosti mesa (Kyriazakis in Whittemore, 2006)

Leto	% mesa v trupu	% slanine v trupu	% maščob v veliki hrbtni mišici	Ocena okusa in mehkode (1 najslabše ... 5 najboljše)
1960	40	40	2,5	3,5
1975	50	30	1,5	3,0
1990	60	20	1,0	2,5

3.1 Vpliv maščob krme na tehnološko in senzorično kakovost

Maščobno tkivo vsebuje okoli 80 % maščob, ki so sestavljene iz maščobnih kislin. Del maščobnih kislin v maščobnem tkivu tvori prašič sam, del pa jih pride nespremenjenih neposredno iz krme. Kakovost telesnih maščob je zato pri prašičih, kot tudi ostalih živalih z enodelnim želodcem, še posebej močno odvisna od maščobnokislinske sestave in količine zaužitih maščob.

Ker imajo različne maščobne kisline različne fizikalno-kemijske lastnosti, je zato tudi tehnološka in senzorična kakovost naloženih maščob odvisna od njihove maščobnokislinske sestave. Maščobne kisline, ki večinoma sestavljajo maščobe v rastlinskih krmilih, tudi rastlinskih oljih, ter v naloženih maščobah svinjine, se razlikujejo v:

- nasičenosti: poznamo nasičene in nenasičene maščobne kisline, ki imajo lahko v ogljikovi verigi eno do šest dvojnih vezi. Nenasičene zato delimo na enkrat in večkrat nenasičene maščobne kisline (VNMK). VNMK v rastlinskih krilih so dvakrat (linolna, C18:2) ali trikrat nenasičene (linolenska, C18:3), v živalskih tkivih pa najdemo tudi take, ki so 4-, 5- ali 6-krat nenasičene.
- dolžini verige: v običajnih rastlinskih krmilih imajo praktično vse maščobne kisline verige dolge 14, 16 in 18 ogljikovih atomov. Tudi prašič tvori sam le take, a je sposoben, kot druge živali, v majhni količini linolno in linolensko podaljšati do štirikrat nenasičene arahidonske (C20:4) oz. petkrat nenasičene eikozapentaenojske (C20:5; EPA) in šestkrat nenasičene dokozaheksaenojske kisline (C22:6; DHA).
- mestu prve dvojne vezi: to je določeno glede na prvo dvojno vez z metilnega konca maščobne kisline, in je lahko na 3., 6., 9. ogljikovem atomu. Glede na to jih imenujemo n-3, n-6 in n-9 maščobne kisline, v pogovornem jeziku pogosteje kar ω -3, ω -6, ω -9 maščobne kisline.

Dolžina verige in stopnja nenasičenosti vplivata npr. na tališče maščob. Tu velja zakonitost: daljša kot je maščobna kislina in bolj kot je nasičena, višje tališče ima in seveda obratno. Tako se nasičene maščobne kisline pričnejo taliti pri najvišji temperaturi, nenasičene pa pri nižji. Npr. sončnično olje ima tališče pri 16-20 °C, koruzno pri 14-21 °C, sojino olje pri -8 do -18 °C, repično pri 0 do -3 °C. Ribje olje, ki ima veliko šestkrat in petkrat nenasičenih maščobnih kislin (DHA in EPA), se ne strdi niti pri -30 °C, maslo, ki ima veliko nasičenih maščobnih kislin, pa je kar nekaj časa v trdnem stanju tudi po tem, ko ga vzamemo iz hladilnika.

Stopnja nenasičenosti je odločilno povezana še z enim pomembnim dejavnikom kakovosti maščob, in sicer z njihovo oksidativno stabilnostjo oz. nevarnostjo nastanka žarkosti. Bolj kot je neka maščobna kislina nenasičena, bolj je podvržena oksidativnem kvarjenju; pri čemer povezava ni linearna, ampak se krivuljno povečuje.

Za kakovost naloženih maščob so pomembne predvsem nasičene MK palmitinska (C16:0) in stearinska (C18:0), ki imata tališče nad telesno temperaturo, enkrat nenasičena oleinska (C18:1) in od VNMK dvakrat nenasičena linolna kislina (C18:2) in trikrat nenasičena linolenska kislina (C18:3), ki imajo tališče pod telesno temperaturo (prilagojeno po Berg, 2001).

Zaradi teh zakonitosti je maščobnokislinska sestava ključnega pomembna za senzorične in tehnološke lastnosti mesnin; pri čemer ima za kakovost slanine izjemen pomen, za kakovost mesa pa zaradi nizke vsebnosti maščob v pustem mesu majhnega, razen z vidika oksidativne stabilnosti. Če vsebujejo maščobe krme veliko večkrat nenasičene linolne in linolenske kisline, potem bo suha salama, panceta ali slanina kraškega pršuta premehka, bolj oljnata, se bo slabše rezala, rezine se bodo sprijemale, narezana se bo na mizi prej izcejala, imela bo slabšo teksturo pri žvečenju, vonj in okus se ji bosta zaradi nastanka žarkosti prej spremenila, tudi v maščobah topni vitamini bodo prej "izginili", imela bo torej tudi slabšo trajnost.

Povezavo med maščobnokislinsko sestavo krme oz. virom maščob v krmi in maščobnokislinsko sestavo telesnih maščob prikazuje preglednica 8, ki prikazuje tudi možno povezavo med dodatkom različnih olj in maščob na okus svinjine.

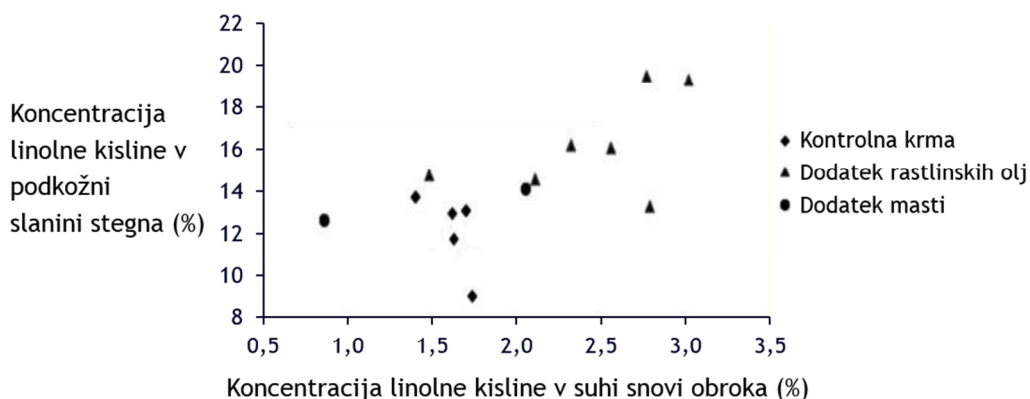
Preglednica 8: Vpliv vira maščob v krmi na maščobnokislinsko sestavo in organoleptične lastnosti mesa velike hrbtna mišice in slanine iz različnih raziskav (prilagojeno po Berg, 2001)

	Ogrščica	Sončnica	Živalska mast	Kontrola
Meso:				
- Maščobnokislinska sestava				
- oleinska kislina (C18:1)	45,9	51,7	44,6	47,4
- linolna kislina (C18:2)	12,3	8,4	11,5	6,7
- linolenska kislina (C18:3)	3,0	1,5	1,6	1,5
- Organoleptične lastnosti				
- vonj*	4,7	5,4	5,4	5,2
- okus*	4,6	5,1	5,3	5,1
- neobičajen vonj (%)	28,6	17,5	18,8	19,0
Slanina:				
- Maščobnokislinska sestava				
- oleinska kislina (C18:1)	50,3	60,8	46,0	45,4
- linolna kislina (C18:2)	16,4	9,2	14,3	8,1
- linolenska kislina (C18:3)	4,8	0,0	0,3	0,0
- Organoleptične lastnosti				
- vonj*	2,9	5,1	4,6	5,6
- okus*	2,8	4,8	4,5	5,5
- neobičajen vonj (%)	65,1	10,6	23,4	5,7

* Lestvica od 1 do 8: 1 = ekstremno neugoden, 8 = ekstremno ugoden

Prav zaradi opisanega zahtevajo proizvajalci kakovostnih mesnin, da mora biti vnos VNMK s krmo pri pitancih kontroliran. Tako konzorcij proizvajalcev parmskega pršuta (CDP - Consorzio del Prosciutto di Parma, 1992) za zagotavljanje dobre konsistence slanine zahteva, da mora imeti podkožna slanina parmskega pršuta jodno število (merilo nenasičenosti) manjše kot 70 in/ali vsebovati manj kot 15 % linolne kisline. Za doseganje te kakovosti dovoljujejo največ 2 % linolne kisline na kg suhe snovi obroka. Do priporočila so seveda prišli na podlagi različnih raziskav (npr. Mordenti in sod., 1994; Bosi in sod., 2000; Zanardi in sod., 2000; Sardi in sod., 2006; Mordenti in sod., 2012), ki

kažejo, da se tveganje za preveč VNМК v maščobah poveča predvsem ob prevelikem dodatku rastlinskih olj (slika 18); pri čemer so olja z malo linolne in linolenske seveda manj problematična. Podobno, celo strožje, je bilo v tistem času splošno nemško priporočilo za zagotavljanje dobre kakovosti slanine (DLG, 1991), saj je priporočalo manj kot 12 % linolne kisline, za zagotavljanje tega pa v krmi za zaključno pitanje največ 12 g VNМК na kg krme oz. največ 1,5 % rastlinskih olj. Nekoliko dopolnjeno so Lindermeyer in sod. (1994) priporočali za dobro kakovost slanine v trajnih izdelkih največ 12 g VNМК na kg krme, za dobro kakovost maščob svežega mesa pa 15 g VNМК na kg krme.



Slika 18: Vpliv količine zaužite linolne kisline z dodajanjem rastlinskih olj in masti na vsebnost linolne kisline v podkožnih maščobah stegna pri italijanskih težkih prašičih (prilagojeno Bosi in Russo, 2004)

Tudi sedanje nemško priporočilo (DLG, 2010) je bolj strogo kot za parmski pršut (CDP - Consorzio del Prosciutto di Parma, 1992), saj dovoljuje v hrbtni slanini največ 15 % VNМК (linolna in linolenska skupaj), za doseganje tega pa:

- manj kot 18 g VNМК/kg krme z 88 % suhe snovi pri mesnatosti manjši od 58 %,
- manj kot 15 g VNМК/kg krme z 88 % suhe snovi pri mesnatosti večji od 58 %.

Razlog, da Italijani (CDP - Consorzio del Prosciutto di Parma, 1992) omenjajo le linolno kislino tiči v dejstvu, da se v običajnih razmerah pitanja uporablja oz. se je uporabljalo le krmila, ki imajo zelo malo linolenske kisline. V primeru, ko uporabljamo semena ali olja lanu, ogrščice, soje ali druga olja, bogata z linolensko kislino, je to nujno upoštevati in se raje držati nemških priporočil.

Zaradi razlik v vsebnosti VNМК v žitih in drugih krmilih (preglednica 9) priporoča DLG (2010), da je za zagotavljanje manj kot 15 g VNМК/kg krme v krmnih mešanica na osnovi različnih žit potrebno količino dodanih maščob prilagoditi surovinski sestavi mešanice (preglednica 10).

Preglednica 9: Okvirna vsebnost večkrat nenasičenih maščobnih kislin v različnih krmilih (g/kg zračne suhe snovi) (prirejeno po različnih virih)

Ječmen	8	Koruzno olje	580	Sojine tropine	10
Pšenica	10	Sončnično olje	680	Ogrščične tropine	5
Oves	12	Repično olje	300	Ogrščične pogače	30
Koruza	23	Sojino olje	620		
Bob	5	Laneno olje	690	CCM silaža*	19
Grah	5	Mešane maščobe	100 - 400	Posušena trava	32

*silaža iz celega koruznega storža brez ličja in le delom klasinca

Preglednica 10: Zgornja meja za dodajanje olj in maščob v krmne mešanice na osnovi različnih žit za zagotavljanje vsebnosti manj kot 15 g VNМК/kg krmne mešanice z 88 % suhe snovi (DLG, 2010)

Krmna mešanica na osnovi:	Zgornja meja dodajanja
Žita	+ 1 - 1,5 % sojinega olja ali + 2,5 - 3 % ogrščičnega (repičnega) olja ali + 1 % lanenega olja ali + 4 % mešanih maščob ali + 5,5 % ogrščičnega (repičnega) semena ali + 15 % ogrščičnih (repičnih) pogač
30 % koruze	+ 0,5 - 0,7 % sojinega olja ali + 1,5 % ogrščičnega (repičnega) olja
> 50 % koruze	brez dodatka maščob

Vpliv maščobnokislinske sestave krme na kakovost naloženih maščob je seveda povezan tudi s trajanjem pitanja določenih maščob, močno pa je odvisen tudi od mesnatosti oz. debeline slanine. Bolj ko so živali zamaščene, manjši je oz. kasneje se pokaže učinek, saj se VNМК v večji količini telesnih maščob bolj razredčijo. Nekoč, ko so bili prašiči bolj zamaščeni, so imeli Nemci prav zato celo manj strogo priporočilo za vsebnost VNМК v hrbtni slanini, in sicer 18-21 % VNМК pri tedaj bolj oz. manj mesnatih prašičih (DLG, 1995). Kot rečeno, je vpliv seveda odločilno povezan tudi s trajanjem pitanja s krmo določene maščobnokislinske sestave, kar prikazujejo tudi rezultati raziskave predstavljeni v preglednici 11. Večina sprememb maščobnokislinske sestave slanine se zgodi v okoli 5 tednih (Kyriazakis in Whittemore, 2006).

Preglednica 11: Vpliv dodatka ogrščičnega semena na maščobnokislinsko sestavo krme, v maščobah hrbtnne slanine ter na koncentracijo produkta oksidacije maščob malondialdehida (MDA) v hrbtni slanini pri pitanju od 35 kg do 110 kg (prirejeno in dopolnjeno po Levart in sod., 2004)

	Kontrola	Ogrščica	
Vsebnost VNMK v krmi (g/kg):			
- linolna (C18:2)	14,0	23,0	
- linolenska (C18:3)	0,9	6,5	
- VNMK skupaj	15,0	29,6	
Skupina:	1	2	3
Vrsta krme v posameznem delu pitanja:			
- krma v pitanju 35 - 90 kg	Kontrola	Kontrola	Ogrščica
- krma v pitanju 90-120 kg	Kontrola	Ogrščica	Ogrščica
VNMK v hrbtni slanini (g/100 g MK):			
- nasičene MK	41,9	35,1	31,1
- enkrat nenasičene	42,0	43,01	46,2
- linolna (C18:2 n-6)	13,6	17,8	17,2
- linolenska (C18:3 n-3)	1,1	1,7	3,4
- arahidonska (C20:4 n-6)	0,25	0,29	0,26
- eikozapentaenojska (C20:5 n-3)	0,03	0,05	0,08
- dokozaheksaenojska (C22:6 n-3)	0,09	0,13	0,12
- VNMK skupaj	16,1	21,7	22,7
- Razmerje n-6 ÷ n-3	9,9 ÷ 1	7,6 ÷ 1	4,2 ÷ 1
MDA (mg/kg):			
- vratna slanina	0,113		0,310
- hrbtna mišica	0,081		0,070

3.2 Vpliv drugih hranil (ne maščob) na tehnološko in senzorično kakovost

Meso je po zakolu, med predelavo in zorenjem ter pripravo podvrženo različnim procesom posmrtno presnove in zorenja. Prehrana živali je vključena v te procese, saj vpliva na vsebnost posameznih hranil in/ali njihovih metabolitov, ki so vanje vključeni. Tu so še posebej pomembni procesi oksidacije maščobnih kislin oz. lipidov ter tudi drugih snovi v celicah, ki vplivajo na denaturacijo snovi v celicah, topnost beljakovin, integriteto celičnih membran ... V celicah mišičnine in slanine imajo procesi seveda vpliv na kazalnike tehnološke, senzorične in mikrobiološke kakovosti svežega mesa in mesnin: odpuščanje oz. izgubo vode, barvo in obstojnost barve, mehkobo mesa, tališče oz. čvrstost maščob in slanine, oksidativno stabilnost oz. pojavnost žarkosti svežega mesa in mesa med predelavo, skladiščenjem, termično obdelavo, zorenjem ipd. Vplivajo tudi na higiensko kakovost, pojavnost slabega vonja ter trajnost mesa in mesnin.

Oksidativne spremembe maščobnega in mišičnega tkiva so odločilno povezane z oskrbo živali s snovmi, ki so vključene v antioksidativne procese, predvsem vitamini A, E in C, selenom in drugimi minerali ter tudi rastlinskimi bioaktivnimi snovmi (Salobir in sod.,

2012). Antioksidanti namreč preprečijo nastanek snovi, ki so odgovorne za razvoj žarkega okusa in sprememb v barvi mesa. Kot omenjeno, so oksidaciji še posebej podvržene večkrat nenasičene maščobne kisline (Voljč in sod., 2013), stopnja njihove hidrolize in oksidacije pa sta močno povezani s senzoričnimi lastnostmi (Toldrá, 1998). Ob nezadostni prisotnosti antioksidantov se ne oksidirajo samo maščobe, pač pa tudi beljakovine, kar vodi k slabši topnosti beljakovin in zmanjšani prehranski vrednosti mesa (Fasseas in sod., 2007).

Za boljšo antioksidativno zaščito predelanega mesa lahko med procesom izdelave surovini dodajamo sintetične ali naravne antioksidante. Pri svežem mesu in pri trajnih izdelkih kot sta pršut in panceta, kjer lipidna oksidacija predstavlja enega od pomembnih vzrokov za slabšanje kakovosti med skladiščenjem, pa lahko dosežemo boljšo oksidativno stabilnost mesa in slanine le s povečanjem koncentracije antioksidantov v krmi.

Obogatitev krme z visokimi koncentracijami v antioksidativne procese vključenih hranil se je v tem oziru pokazalo kot možnost za izboljšanje kakovosti mesa in mesnin. Pri tem je učinkovito predvsem dodajanje velikih količin vitamina E (okoli 200 IU/kg krme), ki izboljša oksidativno stabilnost maščob svinjine, zmanjša oksidacijo holesterola, izboljša barvo mesa in njeno obstojnost (predvsem rdeči odtenek), v nekaterih primerih zmanjša tudi izcejo in podaljša obstojnost na policah (Zanardi in sod., 2000; Dugan in sod., 2004; Guo in sod., 2006; Sales in Koukolová, 2011). Vitamina E pri tem ni potrebno dodajati celotno obdobje pitanja, ampak le v zaključni fazi (nekaj tednov pred zakolom). To prikazuje raziskava predstavljena v preglednici 12, kjer so Flachowsky in sod. (2000) na podlagi petih poskusov prikazali, da je z dodajanjem vitamina E tekom celotnega pitanja ali le v zadnjih dneh pred klanjem mogoče zelo povečati količino vitamina E v mesu. Tako povečanje koncentracije vitamina E v mesu ima lahko pomen ne le za izboljšanje kakovosti mesa ter izboljšanja proizvodnosti, zdravstvenega stanja in antioksidativnega statusa živali, ampak tudi zaradi izboljšanja oskrbe ljudi z vitaminom E.

Preglednica 12: Vpliv zauživanja vitamina E pri pitancih na vsebnost vitamina E v nekaterih tkivih in na uspešnost prenosa iz krme v tkiva (Flachowsky in sod.; 2000)

Količina dodanega vitamina E:	Dodatno zauživanje vit E (g)	Mišice (mg/kg)	Hrbtina slanina (mg/kg)	Prenos v (v %):	
				Svinjina	Svinjina s slanino
20 mg/kg - celotno pitanje	-	3	9	-	-
100 mg/kg - celotno pitanje	22	205	210	0,6	1,2
200 mg/kg - celotno pitanje	42	230	265	0,4	0,8
7 dni pred klanjem po 1 g/dan*	7	100	100	0,0	0,2
14 dni pred klanjem po 1 g/dan*	14	180	150	0,7	1,1
21 dni pred klanjem po 1 g/dan	21	180	210	0,5	1,1

* osnovna krma je vsebovala 20 mg vitamina E/kg v celotnem času pitanja

Poleg maščob in vitamina E lahko na kakovost mesa in slanine vplivajo tudi druga hranila. Nekateri raziskave so v povezavi predvsem z oksidativno stabilnostjo, barvo, izcejo, mehko in drugimi parametri kakovosti mesa našle ugodne povezave z rastlinskimi bioaktivnimi snovmi (polifenoli ...), s selenom, kromom, magnezijem, pantotensko kislino in drugimi (npr. Dugan in sod., 2004, Govaris in sod., 2004; Mateo in sod., 2007; Minelli

in sod., 2013). Ker ti vplivi niso tako dobro dokazani oz. je težko podati splošna priporočila, jih ne bomo podrobneje opisali.

3.3 Vpliv na prehransko vrednost

Živila živalskega izvora so v prehrani pomembna zaradi dejstva, da so izjemno bogata s hranili, predvsem tistimi, s katerimi so rastlinska živila revna, ali pa so v rastlinskih živilih zelo slabo izkoristljiva oz. veliko slabše kot v živalskih. Meso tako predstavlja bogat vir zelo dobro izkoristljivih esencialnih aminokislin, vitamina B₁₂, folatov in drugih vitaminov skupine B, železa, cinka, selena, vitamina A in vitamina D. Poleg tega je meso poleg jajc v kontinentalni prehrani edini vir n-3 in n-6 dolgoveržnih VNMK, meso prežvekovalcev pa vsebuje tudi konjugirano linolno kislino, ki ji pripisujejo antikancerogene in druge ugodne učinke.

S pomočjo primerne prehrane živali lahko vsebnost v prehrani ljudi deficitarnih ali nezaželenih hranil v mesu, mleku in jajcih izboljšamo oz. popravimo. Tako lahko tudi v svinjini zmanjšamo delež pri prekomernem uživanju škodljivih nasičenih MK, povečamo delež ugodno delujočih enkrat in VNMK, tudi dolgoveržnih kot sta EPA in DHA ter delež konjugirane linolne kisline (KLK), povečamo lahko vsebnost nekaterih vitaminov in mineralov, tudi vsebnost nekaterih naravnih rastlinskih bioaktivnih snovi (Morel in sod., 2008; Salobir in sod., 2012).

Od snovi v svinjini, na vsebnost katerih lahko s prehrano vplivamo, so prehransko gotovo najpomembnejše maščobe, tako njihova vsebnost kot sestava. Različne maščobne kisline imajo na zdravje ljudi zelo različen učinek (AND, 2014, DGE, 2015). Na splošno lahko rečemo, da ima prevelik vnos skupnih maščob in nasičenih maščobnih kislin za zdravje zelo neugoden vpliv (predvsem debelost, srčno žilna bolezen ...), nenasičene maščobne kisline pa pogosto ugoden učinek. Poleg tega sta linolna (C18:2 n-6) in linolenska kislina (C18:3 n-3) esencialni maščobni kislini iz katerih nastajajo v telesu še druge za zdravje neobhodno potrebne dolgoveržne večkrat nenasičene maščobne kisline: arahidonska (C20:4 n-6), EPA (C20:5 n-3) in DHA (C22:6 n-3).

Vnos maščob pri ljudeh ni problematičen le glede količine, ampak predvsem zaradi prevelikega vnosa nasičenih MK, premajhnega vnosa esencialnih MK (predvsem n-3) in zaradi napačnega razmerja med n-6 in n-3 maščobnimi kislinami (prevelik delež n-6 in premajhen n-3) (Simopoulos, 2009). Take napake v vnosu vodijo do povečane pojavnosti srčno žilne bolezni, metabolnega sindroma, napak v delovanju imunskega sistema, raka, napak v delovanju živčevja in drugih (AND, 2014). Kot funkcionalna se zato smatra živila, ki te napake popravljajo. S krmljenjem olj bogatih z nenasičenimi MK, predvsem z alfa linolensko kislino ali pa kar z dodajanjem EPA in DHA je mogoče povečati vsebnost teh kislin do te mere, da postanejo živila funkcionalna tudi glede na merila, ki jih predpisuje EFSA (2005).

Tudi v Sloveniji smo razvili (npr. Levart in sod., 2004) in je naprodaj svinjina s spremenjeno maščobnokislinsko sestavo, ki vsebuje manj nasičenih in več VNMK, obenem tudi več za zdravje pomembnih esencialnih maščobnih kislin, tudi dolgoveržnih EPA in DHA ter ugodnejše razmerje med n-6 in n-3 maščobnimi kislinami (preglednica 11). Take, za prehransko vrednost mesa zelo ugodne spremembe pomenijo lahko zaradi večjega deleža VNMK slabšanje tehnološke kakovosti mesa: manjša čvrstost slanine, nevarnost

izcejanja in žarkosti itd. Če bi želeli izboljšati maščobnokislinsko sestavo mesa in slanine, a pri tem ne bi želeli poslabšati njenih tehnoloških lastnosti, potem je najbrž edina pot povečanje vsebnosti le dolgoveržnih maščobnih kislin EPA in DHA s pomočjo koncentriranih preparatov npr. z mikroalgami, ki že v majhnih koncentracijah v krmi prehransko pomembno povečajo vsebnost EPA in DHA v mesu, a obenem ne povečajo jodnega števila slanine (Sardi in sod., 2006).

Viri

- AND (Academy of Nutrition and Dietetics), 2014. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Dietary Fatty Acids for Healthy Adults. *J. Acad. Nut. Diet.* 114: 136-152.
- Berg P, 2001. Swine nutrition, the conversion of muscle to meat, and pork quality. V: *Swine nutrition* (Ur. AJ Lewis, LL Southern). CRC Press, Boca Raton, 2001, 631-670.
- Bosi P, Cacciavillani JA, Casini L, Lo Fiego DP, Marchetti M, Mattuzzi S, 2000. Effects of dietary high-oleic acid sunflower oil, copper and vitamin E levels on the fatty acid composition and the quality of dry cured Parma ham. *Meat Sci.* 54: 119-126.
- Bosi P, Russo V, 2004. The production of the heavy pig for high quality processed products. *Ital. J. Anim. Sci.* 3: 309-321.
- Cacciavillani JA, Bosi P, 1996. Effect of energy intake at constant protein intake on the performance of pigs slaughtered at 160 kg lw. *Proc. 14th IPVS Congress, Bologna, Italy*, 421.
- CDP - Consorzio del Prosciutto di Parma, 1992. Prosciutto di Parma (Parma ham) protected designation of origin (Specifications and Dossier pursuant to Article 4 of Council Regulation EEC no. 2081/92 dated 14 July 1992.
http://www.prosciuttodiparma.com/pdf/en_UK/disciplinare.28.11.2013.en.pdf (25.3.2015)
- Christiansen JP, 2010. The basics of pig production. 2nd edition. Knowledge centre for agriculture Landbrugsforlaget, Aarhus, Dansk, 216 str.
- Cole DJA, Chadd SA, 1989. Voluntary food intake of growing pigs. Occasional Publication. British Society of Animal Production (Ur. J.M. Forbes, M.A. Varley and T.L.I Lawrence). *Br. Soc. Anim. Prod.* 13: 61-69.
- Danfær A, Strath AB, 2012. Quantitative and physiological aspects of pig growth. V: *Nutritional physiology of pigs - With emphasis on Danish production conditions* (Ur. KE Bach Knudsen, NJ Kjeldsen, HD Poulsen, BB Jensen). SEGES (Landbrug Flødevarer), Danish Pig Research Centre. E-knjiga, 26 str.
http://vsp.lf.dk/Viden/Laarebog_fysiologi.aspx (25.3.2015)
- DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung), 2015. Evidenzbasierte Leitlinie: Fettzufuhr und Prävention ausgewählter ernährungsmitbedingter Krankheiten, 2. Version. Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Bonn, 223 str.
<https://www.dge.de/wissenschaft/leitlinien/leitlinie-fett/> (15.3.2015)
- DLG (Deutsche Landwirtschaftliche Gesellschaft) Arbeitskreis Futter und Fütterung, 1991. *Fütterung und Fleischqualität beim Schwein*. DLG-Verlag, Frankfurt, Nemčija, 12 str.
- DLG (Deutsche Landwirtschaftliche Gesellschaft) Arbeitskreis Futter und Fütterung, 1995. *Leistungs- und qualitätsgerechte Schweinefütterung*. DLG-Verlag, Frankfurt, Nemčija, 15 str.
- DLG (Deutsche Landwirtschaftliche Gesellschaft) Arbeitskreis Futter und Fütterung, 2010. *Erfolgreiche Mastschweinefütterung*. DLG-Verlag, Frankfurt, Nemčija, 80 str.
- Dugan MER, Aalhus JL, Uttaro B, 2004. Nutritional Manipulation of Pork Quality: Current Opportunities. *Advances in Pork Production* 15: 237-243.
- EFSA, 2005. Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to nutrition claims concerning omega-3 fatty acids, monounsaturated fat, polyunsaturated fat and unsaturated fat. *EFSA Journal*, 253: 1-29.
- Fasseas MK, Mountzouris KC, Tarantilis PA, Polissiou M, Zervas G, 2008. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. *Food Chem.* 106: 1188-1194.

- Flachovsky G, 2000. Vitamin E-transfer from feed into pig tissues. *J. Appl. Anim. Res.* 17: 69-80.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere), 2006. Empfehlungen zur Energie und Nährstoffversorgung bei Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt, Nemčija, 247 str.
- Govaris A, Botsoglou N, Papageorgiou G, Botsoglou E, Ambrosiadis I, 2004. Dietary versus post-mortem use of oregano oil and/or alpha-tocopherol in turkeys to inhibit development of lipid oxidation in meat during refrigerated storage. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 55: 115-123.
- Guo Q, Richert BT, Burgess JR, Webel DM, Orr DE, Grant AL, Gerrard DE, 2006. Effect of dietary vitamin E supplementation and feeding period on pork quality. *J Anim Sci.* 84: 3071-2078.
- Kyriazakis B, Whittemore CT, 2006. *Whittemore's Science and Practice of Pig Production*. Blackwell publishing, Oxford, UK, 705 str.
- Levart A, Črvek M, Salobir J, Gajster M, Salobir K, 2004. Izboljšanje prehranske vrednosti svinjine s krmljenjem semena lanu in ogrščice. V: Zbornik predavanj 13. posvetovanja o prehrani domačih živali "Zadržavčevi-Erjavčevi dnevi" (Ur. A Pen, Z Avasi), Radenci, 4. in 5. nov. 2004. Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, 183-194.
- Lyndermayer H, Propstmeier G, Straub K, Fütterungsberater Schwein. Verlagsunion Agrar, München, 175 str.
- Mateo RD, Spallholz JE, Elder R, Yoon I, Kim SW, 2007. Efficacy of dietary selenium sources on growth and carcass characteristics of growing-finishing pigs fed diets containing high endogenous selenium. *J. Anim. Sci.* 85: 1177-1183.
- Minelli G, Macchioni P, Ielo MC, Santoro P, Lo Fiego DP, 2013. Effects of dietary level of pantothenic acid and sex on carcass, meat quality traits and fatty acid composition of thigh subcutaneous adipose tissue in Italian heavy pigs. *Ital. J. Anim. Sci.* 12: e52.
- Mohrmann M, Roehe R, Susenbeth A, Baulain U, Knap PW, Looft H, Plastow GS, Kalm E, 2006. Association between body composition of growing pigs determined by magnetic resonance imaging, deuterium dilution technique, and chemical analysis. *Meat Sci.* 72: 518-531.
- Mordenti A, Piva G, Della Casa G, 1994. Nutrition and fat quality in the heavy pig. *Ital. J. Food Sci.* 6: 141-155.
- Mordenti AL, Martelli G, Brogna N, Nannoni E, Vignola G, Zaghini G, Sardi L, 2012. Effects of a soybean-free diet supplied to Italian heavy pigs on fattening performance, and meat and dry-cured ham quality. *It. J. Anim. Sci.* 11: 459-465.
- Morel PCH, Janz JAM, Zou M, Purchas RW, Hendriks WH, Wilkinson BHP, 2008. The influence of diets supplemented with conjugated linoleic acid, selenium, and vitamin E, with or without animal protein, on the composition of pork from female pigs. *J. Anim. Sci.* 86: 1145-1155.
- NRC (National Research Council), 2012. *Nutrient Requirements of Swine. Eleventh Revised Edition*. National Academic Press, Washington, USA, 400 str.
- Sales J, Koukolová V, 2011. Dietary vitamin E and lipid and color stability of beef and pork: Modeling of relationships. *J. Anim. Sci.* 89: 2836-2848.
- Salobir J, Frankič T, Rezar V, 2012. *Animal nutrition for the health of animals, human and environment*. Acta Argic. Slo., Supp 3, 41-49.
- Sardi L, Martelli G, Lambertini L, Parisini P, Mordenti A, 2006. Effects of a dietary supplement of DHA-rich marine algae on Italian heavy pig production parameters. *Livestock Sci.* 103: 95-103.
- Schinckel AP, 2001. Nutrient requirement of modern pig genotypes. Recent developments in pig nutrition 3 (Ur. J Wieseman, PC Garnsworthy). Nottingham University Press, Nottingham, UK, 399-438.
- Simopoulos AP, 2009. Evolutionary aspects of the dietary omega-6:omega-3 fatty acid ratio: Medical implications. V: *Balanced omega-6/omega-3 fatty acid ratio, cholesterol and coronary heart disease* (Ur. Simopoulos AP, De Meester FA). Karger, 1-21.
- Tauson AH, 2012. Feed intake and energy supply - growing pigs. V: *Nutritional physiology of pigs - With emphasis on Danish production conditions* (Ur. KE Bach Knudsen, NJ Kjeldsen, HD Poulsen, BB Jensen). SEGES (Landbrug Flødevarer), Danish Pig Research Centre. E-knjiga, 25 str. http://vsp.lf.dk/Viden/Laerebog_fysiologi.aspx
- Toldrá F, 1998. Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry-cured meat products. *Meat Sci.* 49: S101-S110.

- Tybirk P, Sloth NM, Jørgensen L, 2013. Nutrient requirement standards - 18th edition of the Danish nutrient standards. Pig Research Centre, DK, 9 str.
- Voljč M, Levart A, Žgur S, Salobir J, 2013. The effect of alpha-tocopherol, sweet chestnut wood extract and their combination on oxidative stress in vivo and oxidative stability of meat in broilers. Br. Poultry Sci. 54: 144-156.
- Zanardi E, Novelli E, Giretti GP, Chizzolini R, 2000. Oxidative stability of lipids and cholesterol in salame Milano, coppa and Parma ham: dietary supplementation with vitamin E and oleic acid. Meat Sci. 55: 169-175.

Poglavje 4

Beljakovinska in druga alternativna krmila in njihovi stranski proizvodi v pitanju prašičev

Vida Rezar^{1*}
Janez Salobir¹

Povzetek. Prednost in priložnost slovenske prašičereje je lahko v tradiciji in kakovosti proizvodov. Prašičereja je lahko primarna ali delovno manj intenzivna dopolnilna dejavnost na kmetiji, ki uporablja za krmno bazo tudi različna lokalno razpoložljiva krmila. Uporaba alternativnih krmil in njihovih stranskih proizvodov je pomembna za proizvode mesa posebne kakovosti v konvencionalnih in ekoloških rejah. V Sloveniji primanjkuje predvsem kakovostnih beljakovinskih krmil. Pomanjkanje beljakovin, še posebej nekaterih aminokislin in tudi vsebnost antinutritivnih snovi v alternativnih beljakovinskih krmilih lahko vodi do slabše proizvodnosti in tudi slabše tehnološke kakovosti mesa in mesnih izdelkov. Predstavljena alternativna krmila bi lahko uporabljali v prehrani prašičev pitancev in s tem dosegli dobro kakovost klavnih trupov, mesa in mesnin, saj prehrana prašičev pomembno vpliva na sestavo trupov (mesnatost), maščobnokislinsko sestavo mesa in slanine, vsebnost vitaminov, mineralov, antioksidantov in oksidativno stabilnost svežega ter skladiščenega mesa.

1 Uvod

Ena od pomembnih možnosti za trajnostni razvoj in večjo konkurenčnost slovenske prašičereje je v diverzifikaciji proizvodov in iskanju novih tržnih možnosti, kot so lahko proizvodi višje, posebne kakovosti ter ekološki proizvodi, ki bi tako kot drugje popestrili ponudbo lokalnih trgov in turističnih kmetij (Aalhus in Dugan, 2001; Guo in sod., 2006). Uspešnega pitanja prašičev in kakovostnih mesnin ni brez kakovostne krme. Ker v Sloveniji primanjkuje predvsem kakovostnih beljakovinskih krmil, jih uvažamo, kar še posebej velja za sojo oz. sojine tropine. V ekstenzivnih rejah bi lahko kot alternativo sojinim tropinam kot vir beljakovin uporabljali različna doma pridelana beljakovinska krmila in krmila iz njihove predelave, kot so grah, bob, lupina, doma pridelana soja, ogrščica, seme sončnic, buč ter njihovi stranski proizvodi kot so npr. pogače (Blair, 2007).

V ekološki reji dodaten problem predstavlja tehnološki postopek ekstrakcije olja iz soje, ki je za stroga pravila uporabe v ekoloških rejah nesprijemljiv, zato je npr. uporaba sojinih in drugih tropin prepovedana. Oskrba z beljakovinami je v ekoloških rejah

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

* vida.rezar@bf.uni-lj.si (Vida Rezar)

prašičev zaradi pomanjkanja alternativnih virov in tudi pomanjkljivega znanja in podatkov o njihovi uporabi zato lahko problematična (Hansen in sod., 2006). V ekoloških in manj intenzivnih rejah bi lahko v prehrani prašičev uporabljali tudi druge alternativne vire krme kot so: paša oz. voluminozna krma, lucerna, detelja, in pripravljene silaže (travne, koruzne), korenovke, gomoljnice in buče. Mnoga od teh krmil imajo v primerjavi s sojo ne le manjšo vsebnost beljakovin, ampak je tudi sicer njihova prehranska vrednost slabša zaradi manjše vsebnosti esencialnih aminokislin in njihove slabše prebavljivosti. Ne samo beljakovinska, tako kot včasih, bi lahko s pridom uporabili tudi druga alternativna krmila, kot so kuhan krompir, korenje, zelje, koleraba, krmna pesa in še bi lahko naštevali. Večina naštetih, predvsem beljakovinskih alternativnih krmil, vsebuje antinutritivne snovi, ki jih je potrebno pred uporabo uničiti oz. zmanjšati njihovo vsebnost (Jeroch in Salobir, 2006). To naredimo z različnimi postopki priprave (kuhanje, parjenje, kaljenje, fermentacija), ki lahko negativne vplive teh snovi v mnogih primerih zmanjšajo ali celo odpravijo. Vsa ta alternativna krmila je mogoče na različne načine konzervirati v posameznih razvojnih fazah, a ob tem seveda upoštevati posebnosti glede konzerviranja in skladiščenja ter priprave in krmljenja.

Da lahko sestavimo krmne obroke oz. mešanice, ki ustrezajo potrebam prašičev, moramo vedeti, katere in kolikšne so potrebe za posamezne hranljive snovi in koliko posameznih hranljivih snovi vsebuje krma. Vendar kmetje v Sloveniji v tradicionalnih načinih krmljenja prašičev pogosto uporabljajo alternativna krmila, za katere praktično nimamo podatkov o hranilni vrednosti, zato je sestavljanje uravnoteženih obrokov nenatančno in oteženo. Da bi jih lahko enakovredno vključevali v krmne obroke oz. krmne mešanice, bi bilo potrebno določiti njihovo hranilno vrednost in poznati tudi variabilnost hranilne vrednosti.

2 Alternativna krmila v krmnih obrokih za prašiče pitance

Neuravnotežena prehrana prašičev, predvsem zaradi pomanjkanja beljakovin, še posebej nekaterih esencialnih aminokislin, pa tudi neupoštevanje delovanja antinutritivnih snovi, ki jih mnoga alternativna krmila vsebujejo, lahko vodijo ne le do slabše proizvodnosti, ampak tudi do slabše tehnološke kakovosti mesa in mesnih izdelkov.

Z beljakovinami bogatih krmil, ki jih najpogosteje uporabljamo v prehrani pitancev, predvsem soje, v zadnjih letih v Evropi primanjkuje. Predvsem v manjših in ekoloških rejah bi lahko bila uporaba doma pridelanih alternativnih krmil cenejša zamenjava, ki bi doprinesla tudi k boljšim rezultatom reje in kakovosti mesa. Tako je na primer mešanica 40 % ogrščičnih tropin in 60 % graha po aminokislinski sestavi primerljiva s sojinimi tropinami in primerno dopolnilo v krmnih mešanicah s pšenico (Christiansen, 2010).

S korenovkami in gomoljnicami pridelamo več hranljivih snovi na hektar kot z žitom. Kuhan krompir je odlična krma za pitanje prašičev, je lahko prebavljiv in tudi kakovost mesa in slanine je boljša kot pri pitanju s koruzo, seveda v dopolnjenem obroku z beljakovinskimi krmili in mineralno-vitaminskim dodatkom (Verbič, 1988a).

V manjših rejah prašičev bi lahko kot alternativne vire krmil uporabljali stročnice, korenovke, gomoljnice in buče, ki so se v preteklosti v tradicionalnih rejah že uporabljale in so lahko tudi pomemben vir beljakovin: zrnate stročnice (grah, bob,

lupina, soja), seme sončnic itd. Poznano je, da se kakovost beljakovin v zrnju stročnic spreminja in je odvisna od posamezne vrste in sorte (Stekar, 1988a). Pomembna je tudi uporabna vrednost krmil, saj omenjene stročnice vsebujejo različne antinutritivne snovi, ki lahko negativno vplivajo na zdravje živali in prirejo, kar je potrebno pri krmljenju upoštevati. Znano je, da z različnimi postopki priprave, kot so kuhanje, parjenje, kaljenje, fermentacija, vplive teh snovi močno zmanjšamo.

V obrokih za prašiče bi lahko uporabili tudi zeleno voluminozno krmo. Mlada detelja in trava in tudi druga voluminozna krma je zelo primerna krma za pitanje prašičev. Za voluminozno krmo je značilno, da vsebuje precej surove vlaknine, ki jo prašiči slabše prebavijo in izkoristijo kot okopavine. Delež voluminozne krme je v obroku za prašiče omejen, odvisen je od potreb in razvitosti prebavil, pri čemer je pomembno, da voluminozna krma ne vsebuje preveč surove vlaknine (Verbič, 1988b).

V literaturi najdemo zelo malo podatkov o hranilni vrednosti alternativnih krmil, ki bi jih lahko uporabljali v prehrani prašičev. Za v Sloveniji pridelana alternativna krmila imamo podatkov zelo malo, ali sploh ne. V nadaljevanju so zbrani podatki o hranilni vrednosti posameznih krmil iz različnih literaturnih virov, pri čemer moramo upoštevati, da rastišča in podnebne razmere ter tudi sorte rastlin zelo pomembno vplivajo na njihovo hranilno vrednost.

2.1 Korenovke, gomoljnice in buče

Po sestavi in vsebnosti v suhi snovi (SS) so korenovke in gomoljnice še najbolj podobne žitom, za njimi malo zaostajajo po energijski vrednosti, a bolj po vsebnosti prebavljivih beljakovin. Z njimi pridelamo več hranljivih snovi na hektar kot z žiti, nekatere lahko pridelujemo tudi kot strniščni posevek. Krompir in polsladkorna pesa, ki imata največjo hranilno vrednost na kg SS, lahko nadomestita del žita ali močne krme tudi pri pitanju prašičev. Pri tem moramo seveda upoštevati, da korenovke in gomoljnice vsebujejo manj prebavljivih beljakovin kot žita in da mora zato dopolnilna krma vsebovati več beljakovin (Verbič, 1988a).

2.1.1 Krompir

Krompir je v prehrani prašičev odličen vir energije, beljakovin in esencialnih vitaminov in mineralov, vendar je njihova vsebnost odvisna od vremena, sezone, velikosti krompirja in pridelka (Edwards, 2002). Biološka vrednost beljakovin krompirja je zaradi pomanjkanja metionina slaba, a ob dodajanju metionina so to odlične beljakovine. Osnovna hranljiva snov je škrob, ki ga jedilni krompir vsebuje v sveži snovi od 10 do 18 %, odvisno od sorte in vplivov okolja (Verbič, 1988a).

Škrob v surovem krompirju je pri prašičih odporen na prebavne encime, velika večina ga fermentira s pomočjo mikroorganizmov v črevesu, kar poslabša izkoriščanje energije (Edwards, 2002). S kuhanjem se hranilna vrednost krompirja zaradi boljše prebavljivosti škroba izboljša za četrtno. Kuhan krompir je odlično krmilo za pitanje prašičev, ne samo da je lahko prebavljiv, tudi kakovost mesa je boljša kot pri pitanju s koruzo (Verbič, 1988a). Kuhanje krompirja izboljša tudi prebavljivost beljakovin, z odlito vodo pa se zmanjša tudi vsebnost solanina, antinutritivnega faktorja, ki ga vsebuje predvsem še rastoči krompir in zeleni deli rastline, v zrelem krompirju pa ga je malo. Pri pitancih lahko surov krompir v obrok vključimo do 25 % SS. Za uravnotežen obrok mora biti

krompir dopolnjen z beljakovinsko krmo, nekaj žita ter minerali in premiksom. En kg kuhanega krompirja lahko glede na energijsko vrednost nadomesti 0,25 kg ječmena (Edwards, 2002).

2.1.2 Krmna in polsladkorna pesa

Krmno peso v prehrani prašičev pogosto uporabljamo zaradi dobrega hektarskega donosa (Edwards, 2002). V prehrani prašičev prednostno uporabljamo sorte, ki imajo več sušine, saj več sušine lahko nadomesti več žita v obroku, saj je sicer konzumacija SS premajhna. Največjo hranilno vrednost ima sladkorna pesa. Peso lahko krmimo zmleto, zgnetenno ali zrezano, pri krmljenju večjih količin pa parjeno, ker jo prašiči več požro. Krmimo tudi vodo, v kateri smo jo kuhali, ker vsebuje precej sladkorja. Krmna pesa je priporočljiva za krmljenje do 5 mesecev, kajti pri skladiščenju na kupu ali v kleti so izgube v tem času zime znosne, ne sme biti pretoplo, v hudem mrazu pa mora biti zaščitena pred zmrzaljo (Verbič, 1988a). Po nekaterih podatkih lahko prašiči pitanci pojedjo tudi do 50 % SS iz krmne pese. Približno 6 kg sveže krmne pese lahko pri pitancih nadomesti 1 kg ječmena (Edwards, 2002).

2.1.3 Repa

Repa ima od vseh korenovk najmanjšo hranilno vrednost in se tudi slabo ohranja med skladiščenjem. Tudi v dobrih pogojih skladiščenja postane puhasta, kar je znamenje, da je izgubila večji del hranljive snovi. Z repo lahko v obroku za pitance nadomestimo manjši del žita. Upoštevati moramo, da vsebuje veliko vode. Običajno jo krmimo kuhano ali parjeno, surovo prašiči neradi jedo (Verbič, 1988a). Priporočeno je krmiti maksimalno 20 % repe v obroku. Približno 10 kg repe potrebujemo za zamenjavo 1 kg ječmena (Edwards, 2002).

2.1.4 Koleraba

Po hranilni vrednosti je koleraba bliže repi kot pesi, vsebuje več beljakovin kot pesa. V obrok za prašiče jo vključujemo podobno kot krmno peso. Če krmimo večje količine mora biti kuhana ali parjena, ker jo prašiči raje jedo kot surovo, zdrobljeno (Verbič, 1988a). Zeleni deli rastline vsebujejo oksalate, ki zmanjšujejo dostopnost kalcija pri prašičih. Krmljenje kolerabe daje boljše proizvodne rezultate kot krmljenje krmne repe in pese, in podobne kot krmljenje krompirja. Koleraba lahko pri pitancih v obroku glede na vsebnost SS v obroku zamenja 50 % žitaric (3 kg kolerabe lahko zamenja 1 kg žitaric). Danska priporočila priporočajo krmljenje do 2 kg kolerabe do 30 kg pitanja in pri krmljenju do 90 kg 5 kg kolerabe (Edwards, 2002).

2.1.5 Korenje

Korenje ima boljšo hranilno vrednost kot pesa, vsebuje tudi manj nitratov, obarvane sorte pa več karotenoidov, kar lahko vpliva na obarvanost hrbtna slanina. Ima relativno visoko energijsko vrednost, vendar v primerjavi z žiti malo beljakovin (Edwards, 2002). Podobno kot druge korenovke pospešuje prebavo. V manjših količinah lahko krmimo surovo korenje, vendar narezano ali zdrobljeno, drugače pa kuhano (Verbič, 1988a).

2.1.6 Buče

Buče vsebujejo veliko vode vendar so dobro prebavljive in po nekaterih podatkih vsebujejo tudi do 15 % surovih beljakovin v SS, bistveno več kot pesa in druge okopavine. Aminokislinska sestava beljakovin je ugodna, zato jih prašiči radi jedo. Buče lahko

krmimo vsem kategorijam prašičev, s tem da upoštevamo potrebe po hranljivih snoveh (Verbič, 1988a). Pri krmljenju buč prašičem pitancem moramo biti previdni, ker lahko prevelika količina buč, ki jih vključimo v obrok, povzroči mehko slanino (Fuller, 2004).

Preglednica 1: Vsebnosti energije (ME) in hranljivih snovi (g/kg) v korenovkah, gomoljnicah in bučah (prilagojeno po Edwards, 2002; Shurson in sod., 2002; Sauvant, 2002; Fuller, 2004; Blair, 2007; EvaPig, 2014 in Aminodat 4.0, 2014)

	SS (g)	ME (MJ)	SB (g)	Liz (g)	Met (g)	Met+Cis (g)	Tre (g)	Trp (g)	Ca (g)	P (g)	Na (g)
Krompir, kuhan											
na kg	202	3,8	24,5	1,4	0,4	0,7	0,9	0,4	0,14	0,7	0,1
na kg SS	1000	19,0	121,3	7,1	2,0	3,5	4,5	2,0	0,7	3,5	0,3
Krompir											
na kg	222	2,1	22,0	1,2	/	0,6	0,7	/	2,0	5,0	0,2
na kg SS	1000	9,5	99,1	5,4	/	2,7	3,2	/	9,0	22,5	0,9
Krmna pesa											
na kg	180	2,4	10,0	0,5	/	0,4	0,3	/	0,5	0,4	1,0
na kg SS	1000	13,3	55,6	2,8	/	2,2	1,7	/	2,8	2,2	5,6
Repa											
na kg	110	1,2	13,0	0,3	/	0,2	0,2	/	0,6	0,3	0,5
na kg SS	1000	10,9	118,2	2,7	/	1,8	1,8	/	5,5	2,7	4,5
Koleraba											
na kg	120	1,4	12,0	0,5	0,1	0,3	0,5	0,2	0,5	0,6	0,2
na kg SS	1000	11,7	100,0	3,8	1,0	2,3	4,5	1,3	4,2	5,0	2,0
Korenje											
na kg	150	1,4	10,0	0,3	/	0,2	0,2	/	0,4	0,2	0,1
na kg SS	1000	9,3	66,7	2,0	/	1,3	1,3	/	2,7	1,3	0,7
Buče											
na kg	76	0,86	11,2	/	/	/	/	/	0,3	0,2	/
na kg SS	1000	11,3	147,4	/	/	/	/	/	3,9	2,6	/

ME = metabolna energija; SS = suha snov; SB = surove beljakovine; Liz = lizin; Met = metionin; Cis = cistein; Tre = treonin; Trp = triptofan

2.2 Zrnate stročnice

V skupino zrnatih stročnic, ki jih najpogosteje uporabljamo v prehrani prašičev kot alternativna beljakovinska krmila, spadajo: soja, fižol, bob, grah, lupina in leča. Kakovost beljakovin v zrnju stročnic se spreminja in je odvisna od posamezne vrste in sorte (Stekar, 1988b). Zrnje stročnic vsebuje veliko lizina, primanjkuje pa jim metionina in cisteina. Za stročnice velja, da vsebujejo tudi antinutritivne snovi, kot so npr. inhibitorji proteaz, fenolne spojine npr. tanini. Kuhanje ali obdelava s paro in toploto lahko uniči večino antinutritivnih snovi, pri čemer je potrebno paziti, saj lahko prekomerna obdelava zmanjša tudi kakovost beljakovin oz. aminokislin.

2.2.1 Polnomastna soja, zrnje

Doma pridelana soja je polnomastna soja, ki povprečno vsebuje 18 % olja (Shurson in sod., 2002). Je odličen vir tako energije, kot tudi beljakovin. Surova soja vsebuje

antinutritivne snovi, katerih vsebnost lahko zmanjšamo s toplotno obdelavo (praženje, para, ekstrudiranje). Neobdelane soje v prehrani prašičev ni priporočljivo uporabljati oz. jo lahko vključujemo le v zelo majhnih količinah. V ekoloških rejah je pomembno upoštevati zahtevo, da se ne sme uporabljati gensko spremenjene soje. Iztiskanje olja iz soje z novjšimi postopki obdelave npr. ekstrudiranje, omogočajo, da lahko tako pridobljene sojine tropine uporabljamo tudi v ekoloških rejah.

2.2.2 Polnomastna ogrščica ali repica

Doma pridelano ogrščično seme vsebuje olje in je v prehrani prašičev pitancev odličen vir tako energije kot beljakovin. Problem pri krmljenju surove ogrščice je njen okus in vsebnost antinutritivnih snovi, ki lahko povzročajo presnovne in tudi zdravstvene težave pri prašičih. Zato je nujno, da upoštevamo maksimalne še priporočene količine, ki jih lahko vključimo v krmne obroke; za prašiče pitance je zgornja meja 5 % (Edwards, 2002). V ekoloških rejah je poleg surove ogrščice dovoljena še uporaba pogač in ekspelerja, ki ostaneta po hladnem ali vročem iztiskanju olja v različnih stiskalnicah. Tako za ogrščico, kot tudi za polnomastno sojo velja, da če ju je na koncu pitanja v krmi preveč, povzročata slabšo kakovost klavnih trupov in mehko slanino, zaradi česar imamo lahko težave pri izdelavi in kakovosti mesnih izdelkov. V ekoloških rejah moramo upoštevati, da ne uporabljamo ogrščice, ki je gensko spremenjena.

2.2.3 Grah

Grah je odlično in zelo okusno krmilo za prašiče. V kilogramu vsebuje cca 230 g surovih beljakovin. Beljakovine graha so posebno bogate z lizinom, a vsebujejo sorazmerno malo triptofana in žveplo vsebujočih aminokislin. V grahu so prisotni tudi antinutritivni faktorji: inhibitorji amilaz, trpisina in himotripsina, tanini (proantocianidini), fitati, saponini, hemaglutinini (lektini) in oligosaharidi. Kljub temu pa grah v krmnih obrokih za prašiče pitance ne predstavlja težav (Blair, 2007). Zato lahko grah v krmnih mešanica za pitance v celoti zamenja sojine tropine (Shurson in sod., 2002). Tri odstotke graha v obroku lahko zamenja približno 2 % koruze in 1 % sojinih tropin. V tem primeru je potrebno dodati sintetične aminokisljine: metionin, treonin in triptofan, lahko pa zmanjšamo količino lizina in dodatek fosfata (Stein in Lange, 2007). Po literaturnih virih je v krmne mešanice priporočljivo vključiti okoli 30 do 40 % graha (Hoffman in Steinhöfel, 2010), ali celo do 60 do 70 %, delež v mešanici naj namreč ne bi vplival na proizvodne lastnosti, kar prikazuje preglednica 2 (Stein in Lange, 2007).

2.2.4 Bob (*Vicia faba L.*)

Pri bobu poznamo številne sorte, ozimne in jare, pri čemer jare navadno vsebujejo več beljakovin. V zadnjem času se bob pogosto uporablja tudi v prehrani prašičev, predvsem zaradi pomanjkanja beljakovinskih krmil. Bob je bogat z beljakovinami, v povprečju vsebuje 240 do 300 g surovih beljakovin (SB)/kg (Blair, 2007). Je bogat vir lizina in vsebuje malo žveplo vsebujočih aminokislin. Njegova energijska vrednost je podobna kot pri ječmenu in pšenici. Bob vsebuje številne antinutritivne snovi: tanine, inhibitorje proteaz in lektine. Inhibitorjev tripsina in lektinov vsebuje v primerjavi z drugimi stročnicami malo, zato težav v prehrani prašičev ne povzroča (Blair, 2007). Mokra toplotna obdelava izboljša njegovo izkoristljivost. V krmne obroke za prašiče pitance ga je po do sedaj znanih raziskavah priporočeno dodajati do 200 g/kg.

Preglednica 2: Proizvodne lastnosti in kakovost klavnih trupov pitancev, krmljenih s krmo z različno vsebnostjo graha (Stein in sod. 2006, cit. po Stein in Lange, 2007)

Grah (%)*	0/0/0	36/36/36	66/48/36
Začetna masa, kg	22,9	22,7	22,7
Zauživanje krme, kg	2,74	2,60	2,82
Dnevni prirasti, kg	0,872	0,86	0,889
Konverzija, kg/kg	0,319	0,332	0,318
Končna masa, kg	129,0	124,1	129,2
Klavnost, %	76,2	75,4	75,8
Debelina hrbtnne slanine, mm	2,32	2,40	2,41
Mesnatost, %	51,8	51,0	51,3
Izceja, %	3,38	2,51	1,95

*% graha v krmi za prašiče pitance od 20 do 50 kg/50 do 85 kg/85 do 125 kg

2.2.5 Leča (*Lens culinaris*)

Po raziskavah naj bi bila hranilna vrednost leče zelo podobna grahu (Castell, 1990, cit. po Blair, 2007). Surovih beljakovin vsebuje malo, manj kot grah. Beljakovine leče v primerjavi z ostalimi stročnicami vsebujejo najmanj žveplo vsebujočih aminokislin, zato je priporočljivo uporabljati lečo v kombinaciji z drugimi beljakovinskimi krmili (Blair, 2007). Tudi leča vsebuje številne antinutritivne snovi, vendar njihovi negativni učinki v prehrani prašičev niso poznani. V krmne obroke in mešanice jo je priporočeno dodati 100 do 200 g/kg.

2.2.6 Lupina

Največ je pridelajo v Avstraliji, ki je tudi največja izvoznica, v Evropi pa se kot alternativni vir beljakovinskih krmil pojavlja v zadnjem času. Razlika med kultivarji v vsebnosti hranljivih snovi je velika. V povprečju lupina vsebuje med 270 in 400 g SB/kg. Beljakovine lupine vsebujejo na 100 g med 0,59 in 0,87 g metionina in 4,21 do 5,21 g lizina. V krmo za prašiče pitance jo je priporočljivo dodajati 300 do 350 g/kg, ob tem je potrebno upoštevati priporočila posameznega kultivarja (Blair, 2007).

Preglednica 3: Vsebnosti energije in hranljivih snovi v kg alternativnih beljakovinskih krmilih (prilagojeno po Salobir, 1988; Edwards, 2002; Shurson in sod., 2002; Sauvant, 2002; Blair, 2007; Alternative feed, 2008; Linder Mayer in sod., 2011; EvaPig, 2014 in Aminodat 4.0, 2014;)

	SS (g)	ME (MJ)	SB (g)	Liz (g)	Met (g)	Met+Cis (g)	Tre (g)	Trp (g)	Ca (g)	P (g)	Na (g)
Soja, zrnje (/kg)	888	14,9	348	25,0	4,5	10,0	14,0	5,2	3,1	5,5	0,4
Ogrščica, seme (/kg)	922	21,3	191,0	11,9	4,1	8,9	9,1	2,5	4,7	6,6	0,1
Sončnice, seme (/kg)	930	16,5	166	6,3	3,7	8,9	6,0	2,0	2,1	5,4	0,2
Bob (/kg)	870	12,8	254	16,2	2,0	5,2	11,1	2,5	1,1	4,8	0,3
Grah (/kg)	890	13,4	228	15,0	2,1	5,2	7,8	1,9	1,1	3,9	1,0
Lupina (/kg)	886	14,1	290	13,6	2,8	6,0	10,1	/	2,0	2,8	0,3
Leča (/kg)	883	14,4	244	15,1	1,6	/	6,9	/	1,0	3,8	0,4

ME = metabolna energija; SS = suha snov; SB = surove beljakovine; Liz = lizin; Met = metionin; Cis = cistein; Tre = treonin; Trp = triptofan

2.3 Voluminozna krma v obrokih za prašiče pitance

Mlada detelja in trava ter druga bolj ali manj prebavljiva voluminozna krma je bila v manjših rejah pri nas že od nekdaj običajna krma za prašiče. Uporaba naštetih krmil je predvsem posledica omejenih možnosti pri pridelovanju žita in pomanjkanja krmil, ki vsebujejo veliko beljakovin. Za voluminozno krmo je značilno, da jo prašiči slabše izkoristijo kot žita in okopavine. Voluminozno krmo lahko uporabimo za sveže krmljenje in tudi siliranje, pri tem pa upoštevamo, da trave in detelje kosimo zgodaj, v začetku bilčenja trav in pred brstenjem detelj (Verbič, 1988b). Hranilne vrednosti v voluminozni krmi so prikazane v preglednici 5.

2.3.1 Zelena krma, paša

Predvsem v ekoloških rejah je zaželeno, da živali tudi pasemo. V paši naj prevladujejo trave in detelje. Hranilna vrednost paše je odvisna od številnih dejavnikov, vremena, lokacije in sezone. Spomladi je v paši več vode in topnih sladkorjev, kasneje pa se poveča vsebnost SS in vlaknine, kar vpliva na slabšo prebavljivost. O priporočeni količini paše pri pitancih je bolj malo znanega. V raziskavi, kjer so prašičem ponudili krmno mešanico po volji in pašo, so ti iz paše zaužili okrog 5 % dnevnih energijskih potreb. Ko pa so omejili količino krmne mešanice za 30 %, se je zauživanje paše povečalo, tako da so z njo pokrili 6 do 7 % potreb po energiji, vendar se je dnevni prirast zmanjšal za okoli 15 % (Edwards, 2002).

2.3.2 Zelene moke, lucerna, črna detelja

Zelene moke se v prehrani pitancev zelo pogosto uporabljajo, največkrat lucernina moka. Lucernina moka v povprečju vsebuje 174 g SB/kg SS. Priporočene količine so 25 do 100 g lucernine moke/kg krmne mešanice (Blair, 2007). Poleg mok, se predvsem v manjših in ekoloških rejah uporabljajo tudi sveža trava, lucerna in detelje. Mlada sveža lucerna vsebuje v SS več kot 20 % surovih beljakovin, zato je lahko v obroku pomemben vir beljakovin. Kosimo jo pred brstenjem, ko je visoka 30 do 50 cm. Črna detelja po vsebnosti in kakovosti beljakovin ne zaostaja za lucerno, kosimo jo pred brstenjem, v tej fazi vsebuje okrog 20 % surove vlaknine in več kot 20 % surovih beljakovin v SS in je dobro prebavljiva (Verbič, 1988b).

2.3.3 Grašica (*Vicia sativa*)

Kot alternativni vir beljakovin lahko v prehrani pitancev uporabimo tudi grašico. V povprečju vsebuje na kilogram 284 g SB in 17,7 g lizina. Zaradi vsebnosti antinutritivnih snovi se za uporabo v prehrani živali priporočajo novejši kultivarji. V krmne mešanice jo lahko vključimo do 225 g/kg (Blair, 2007).

2.3.4 Silaža

Ko vključujemo silažo v obroke, moramo upoštevati njeno kakovost. Ta vpliva tako na količino, ki jo vključimo v obrok, kot tudi na potrebno vsebnost beljakovin in rudninskih snovi v dopolnilni krmni mešanici. Pri pripravi silaž je bistvenega pomena, da se pri fermentaciji ohranijo beljakovine, zato je pomembno, da krma ni onesnažena z zemljo (Verbič, 1988b). Silaže za prašiče lahko pripravimo tudi z različnimi dodatki, kot je npr. melasa, ki vsebuje sladkor in pospeši razvoj ter delovanje mlečnokislinskih bakterij. Z dodatkom žit, npr. mlete ali fino zdrobljene koruze ali drugega žita povečamo vsebnost SS silaže, dodajamo pa jo samo k sveži ali premalo uveli krmi, če jo dodajamo k stari in uveli krmi lahko povzroči naknadno fermentacijo in plesnenje silaže (Verbič, 1988b).

2.3.4.1 Silirano koruzno zrnje

Silirano koruzno zrnje, samo ali skupaj z ostalimi deli rastline, je lahko pomembna doma pridelana krma za prašiče. Od deleža zrnja, klasinca in ličja v silaži je seveda odvisna tudi hranilna vrednost. Klasinec vsebuje veliko surove vlaknine, prašiči ga slabo prebavijo, zato ima majhno hranilno vrednost. V preglednici 4 je prikazano, kako narašča vsebnost surovih vlaknin z večanjem deleža klasinca in ličja v silaži, zmanjšujeta pa se prebavljivost krme, vsebnost prebavljivih beljakovin in skupnih hranljivih snovi. Koruzno zrnje vsebuje precej topnih ogljikovih hidratov ter sorazmerno malo beljakovin in rudninskih snovi, kar je zelo ugodno za delovanje mlečnokislinskih bakterij in hitro zakisanje silaže. Primerna vlažnost zrnja, ustrezno drobljenje, zaščita silaže pred dostopom zraka in zadosten dnevni odvzem silaže odločilno vplivajo na kakovost in obstojnost silaže (Verbič, 1988c).

Preglednica 4: Sestava in vrednost različnih vrst koruzne silaže v suhi snovi (prirejeno po Gross, 1986, cit. po Verbič, 1988c)

	Vrsta koruzne silaže			
	Zrnje	Zrnje z delom klasinca (CCM)	Storž	Storž z ličjem
Surova vlaknina (g)	20 - 30	40 - 60	70 - 100	110 - 160
Prebavljive SB (g)	86 - 92	76 - 82	69 - 74	54 - 67
Prebavljiva organska snov (%)	85 - 90	81 - 83	77 - 80	73 - 77
Delež klasinca in ličja od skupne SS (%)	0	5 - 13	16 - 27	31 - 49

SB = surove beljakovine; SS = suha snov

Preglednica 5: Vsebnosti energije in hranljivih snovi (v kg alternativnih krmil) (prilagojeno po Salobir, 1988; Edwards, 2002; Shurson in sod., 2002; Sauvant, 2002; Blair, 2007; EvaPig, 2014 in Aminodat 4.0, 2014)

	SS (g)	ME (MJ)	SB (g)	Liz (g)	Met (g)	Met+Cis (g)	Tre (g)	Trp (g)	Ca (g)	P (g)	Na (g)
Lucerna, pred brstenjem											
na kg	176	1,82	45,8	2,1	0,4	0,9	1,9	0,8	3,3	0,5	0,1
na kg SS	1000	10,3	260,2	11,9	2,3	5,1	10,8	4,5	18,8	2,8	0,5
Lucerna, v začetku cvetenja											
na kg	210	1,62	39,3	2,9	0,3	0,5	1,8	/	4,4	0,6	0,2
na kg SS	1000	7,7	187,1	13,8	1,4	2,4	8,6	/	21,0	2,9	1,0
Lucerna, dehidrirana											
na kg	917	7,66	170,0	7,4	2,5	4,3	7,0	2,4	15,3	2,6	0,9
na kg SS	1000	8,4	185,4	8,1	2,7	4,7	7,6	2,6	16,7	2,8	1,0
Lucerna, sušena na soncu											
na kg	907	5,65	162,0	8,1	1,9	5,0	6,0	1,8	12,7	2,0	1,3
na kg SS	1000	6,2	178,6	8,9	2,1	5,5	6,6	2,0	14,0	2,2	1,4
Črna detelja, brstenje											
na kg	197	1,78	39,6	2,2	0,5	0,9	2,0	0,7	3,2	0,6	0,1
na kg SS	1000	9,0	201,0	11,2	2,5	4,6	10,2	3,6	16,2	3,0	0,4
Črna detelja, v začetku cvetenja											
na kg	213	1,71	27,3	1,1	0,3	0,5	0,8	0,5	3,3	0,5	0,1
na kg SS	1000	8,0	128,2	5,2	1,4	2,3	3,8	2,3	15,5	2,3	0,3
Trava s pašnikov, v latenju											
na kg	175	1,52	35,9	1,8	0,7	1,3	1,5	0,5	1,6	0,5	0,1
na kg SS	1000	8,7	205,1	10,3	4,0	7,4	8,6	2,9	9,1	2,9	0,6
Zelena moka (dehidrirana)											
na kg	917	8,54	182,2	6,2	3,1	5,0	6,2	3,1	6,3	3,5	2,8
na kg SS	1000	9,3	198,7	6,8	3,4	5,5	6,8	3,4	6,9	3,8	3,1
Koruzna silaža, mlečna zrelost											
na kg	220	1,75	20,7	0,7	0,2	0,4	0,8	0,2	0,9	0,6	0,1
na kg SS	1000	8,0	94,1	3,2	0,9	1,8	3,6	0,9	4,1	2,7	0,5
Koruzna silaža, voščena zrelost											
na kg	270	2,39	24,0	1,1	0,4	0,7	1,0	0,2	1,1	0,7	0,1
na kg SS	1000	8,9	88,9	4,1	1,5	2,6	3,7	0,7	4,1	2,6	0,4
Silirani koruzni storži z ličjem											
na kg	500	6,06	51,0	1,2	0,3	0,6	1,5	0,3	0,4	1,4	0,7
na kg SS		12,1	102,0	2,4	0,6	1,2	3,0	0,6	0,8	2,8	1,4
Silirani koruzni storži brez ličja											
na kg	600	8,75	59,4	1,4	0,5	0,8	2,0	0,4	0,7	2,8	/
na kg SS	1000	14,6	99,0	2,3	0,8	1,3	3,3	0,7	1,2	4,7	/
Silirano koruzno zrnje											
na kg	567	9,4	62,0	1,8	0,9	2,0	2,0	0,3	0,1	1,8	0,0
na kg SS	1000	16,6	109,3	3,2	1,6	3,5	3,5	0,5	0,2	3,2	0,0

ME = metabolna energija; SS = suha snov; SB = surove beljakovine; Liz = lizin; Met = metionin ; Cis = cistein; Tre = treonin; Trp = triptofan

3 Druga krmila in stranski proizvodi

3.1 Zelje (*Brassica oleracea*)

Pridelava zelja, tudi za prehrano prašičev, je zelo zanimiva predvsem zaradi velikega hektarskega donosa. Njegova uporaba je zanimiva predvsem v ekoloških rejah, ker lahko uporabljamo za krmljenje surovo zelje. Raziskav ni veliko, je pa poznano, da je zelje lahko zamenjava za ječmen in sojine tropine. Vsebuje 81 g SS/kg, v kilogramu SS vsebuje 230 g SB, 7,6 g lizina ter 4,7 g metionina in cisteina (Blair, 2007). Pri pridelavi kmetijskih pridelkov v živila, tudi zelja, nastajajo stranski proizvodi, od katerih lahko nekatere s pridom uporabljamo tudi v prehrani prašičev. Za nekatere ja značilno, da pridejo iz predelave v mokrem stanju, z velikim deležem vode, zaradi prevoza in nepokvarljivosti je smiselna njihova uporaba v bližini predelave.

3.2 Pivske tropine

Pivske tropine so stranski proizvod v proizvodnji piva. Poleg manjše količine škroba vsebujejo beljakovine in maščobe ter vlaknine, ki jih je vseboval za pripravo slada uporabljen ječmen ali pšenica. Sveže tropine so nagnjene h kvarjenju oz. vrenju, zato jih lahko hranimo le nekaj dni, pa še to le, če jih primerno skladiščimo. Za daljše skladiščenje jih moramo silirati v primerno velikem betonskem ali plastičnem silosu, ki mora imeti možnost odtoka odvečne vode. Prašiči sorazmerno dobro izkoristijo beljakovine iz tropin, slabo pa vlaknino in brezdušične snovi. Odstotek vlaknine v tropinah je namreč velik, približno 20 % v SS. Aminokislinska sestava beljakovin v tropinah je zelo podobna kot pri ječmenu (Grum, 1988). Prašičem pitancem dajemo sveže ali silirane pivske tropine šele od teže 35 do 40 kg, in sicer po 1 kg na dan, nato postopoma več, vendar ne več kot 3 kg pri teži 100 do 120 kg. V krmnih obrokih za pitance lahko pivske tropine prispevajo največ 15 % energijske vrednosti obroka.

3.3 Pesni rezanci

Pri predelavi sladkorne pese v sladkor dobimo več stranskih produktov, med katerimi so tudi sveži ali posušeni pesni rezanci. Razlikujemo dve vrsti pesnih rezancev, navadne brez dodatka melase, ki vsebujejo 3 do 10 % sladkorja, ter melasirane, z dodatkom melase, ki vsebujejo 10 do 16 % sladkorja.

Preglednica 6: Sestava suhih pesnih rezancev (Salobir, 1988; Christiansen, 2010)

	Suhi pesni rezanci	Melasirani suhi pesni rezanci
Suha snov (g/kg)	910	919
Surove beljakovine (g/kg)	83	86
Surove maščobe (g/kg)	15	12
Surova vlaknina (g/kg)	182	141
Brezdušični izvleček(g/kg)	575	582
Surovi pepel (g/kg)	95	108

Suhi pesni rezanci so predvsem energijsko krmilo z malo beljakovin in skromno aminokislinsko sestavo (Grum, 1988). Prebavljivost suhih pesnih rezancev pri prašičih je dobra, prebavljivost beljakovin je boljša pri melasiranih rezancih in znaša 60 %. Od navadnih so melasirani primernejši tudi zato, ker vsebujejo več sladkorja. Suhe pesne rezance je pri krmljenju večjih količin pred uporabo smiselno namakati v vodi.

Priporočena količina za pitance je 1 kg na dan. Sveži pesni rezanci vsebujejo od 15 do 18 % SS. Zaradi visoke vsebnosti vlaknine so še posebej primerni za pitanje prašičev s slabšim genotipom (Edwards, 2002). Sicer so relativno dobro prebavljivi. V obroku prašiča pitanca, ki tehta več kot 50 kg lahko sveži rezanci sestavljajo polovico obroka osnovne krme. V primerjavi s krmno peso (z majhnim % SS) ima 12 kg svežih pesnih rezancev enako hranilno vrednost kot 10 kg pese. Slaba stran svežih pesnih rezancev je, da se hitro pokvarijo, zato jih lahko tudi siliramo (Grum, 1988).

Preglednica 7: Vsebnost energije in hranljivih snovi v kg različnih krmil (prilagojeno po Edwards, 2002; Shurson in sod., 2002; Sauvant, 2002; Blair, 2007; EvaPig, 2014 in Aminodat 4.0, 2014)

	SS (g)	ME (MJ)	SB (g)	Liz (g)	Met (g)	Met+Cis (g)	Tre (g)	Trp (g)	Ca (g)	P (g)	Na (g)
Pivske tropine, sveže											
na kg	230	2,03	58	2,4	1,1	1,8	2,1	0,4	0,9	1,5	0,1
na kg SS	1000	8,8	252,2	10,4	4,8	7,8	9,1	1,7	3,9	6,5	0,4
Pivske tropine, suhe											
na kg	900	8,22	266	9,5	4,8	9,0	8,3	1,4	4,1	5,6	0,55
na kg SS	1000	9,1	295,6	10,6	5,3	10,0	9,2	1,6	4,6	6,2	0,6
Pesni rezanci, suhi											
na kg	900	8,35	90	3,6	1,4	2,0	2,7	0,9	7,2	0,9	3,6
na kg SS	1000	9,3	100	4,0	1,6	2,2	3,0	1,0	8,0	1,0	4,0
Pesni rezanci, suhi melasirani											
na kg	900	8,99	99	4,5	1,1	1,8	2,9	0,9	8,5	1,4	4,5
na kg SS	1000	10,0	110	5,0	1,2	2,0	3,2	1,0	9,4	1,6	5,0
Posneto mleko											
na kg	91	1,5	3,5	2,7	0,7	1,0	1,5	0,5	1,2	1,0	0,6
na kg SS	1000	16,5	38,5	29,7	7,7	11,0	16,5	5,5	13,2	11,0	6,6
Posneto mleko, dehidrirano											
na kg	960	15,5	346	28,0	8,4	11,6	15,1	4,4	13,1	10,0	4,4
na kg SS	1000	16,1	360,4	29,2	8,8	12,1	15,7	4,6	13,6	10,4	4,6
Sirotka, tekoča											
na kg	69	0,91	15,0	1,1	0,15	0,5	0,8	0,21	0,47	0,46	0,54
na kg SS	1000	9,5	156,3	11,5	1,6	5,2	8,3	2,2	4,9	4,8	5,6
Sirotka, dehidrirana											
na kg	960	13,4	121	9,0	1,7	4,2	7,2	1,8	7,5	7,2	9,4
na kg SS	1000	13,9	126,0	9,4	1,8	4,4	7,5	1,9	7,8	7,5	9,8
Zelje											
na kg	81	0,97	18,6	0,67	0,14	0,28	0,44	0,15	0,67	0,05	0,12
na kg SS	1000	12,0	229,6	8,3	1,7	3,5	5,4	1,9	8,3	0,6	1,5

ME = metabolna energija; SS = suha snov; SB = surove beljakovine; Liz = lizin; Met = metionin ; Cis = cistein; Tre = treonin; Trp = triptofan

3.4 Sirotka

Sirotka je stranski proizvod pri pridelavi mleka v sir. Ko iz mleka izločijo večino mlečne maščobe in beljakovin, preostane sirotka, ki vsebuje laktozo, do 1 % beljakovin, nekaj maščob in mineralnih snovi. Beljakovine v sirotki imajo visoko biološko vrednost, vsebujejo povprečno 9 % lizina, 5,3 % metionina in cisteina, 5,5 % treonina, kar je več

kot pri sojinih tropinah. Upoštevati pa moramo, da je absolutna količina beljakovin v sveži sirotki zelo majhna. Razmerje med količino beljakovin in energije v sirotki je široko, 1:8, zato sirotke ne uporabljamo kot beljakovinsko krmilo. Z ustrežno količino sirotke v obroku (10 l na žival na dan) in dodatkom rastlinskih beljakovin lahko pokrijemo vse potrebe pancev po esencialnih aminokislinah. Količina mineralov (razen Na) in vitaminov je v sirotki precej manjša kot v posnetem mleku. Po hranilni vrednosti je 12 l sirotke enakovredne 1 kg ječmena oz. 1 l sirotke ustreza 83 g ječmena (Grum, 1988). Za pance je priporočeno, da dobijo na začetku, od teže 30 kg 2 do 3 l sveže sirotke dnevno, proti koncu pitanja pa največ 8 do 12 l. Poleg sirotke je priporočeno dodajati žita ali dopolnilne krmne mešanice. Pri pitanju s krompirjem lahko dobijo prašiči 8 do 10 l sirotke dnevno. Zaradi pokvarljivosti sirotke v krmilnikih, je potrebno le-te vsakodnevno čistiti, priporočeno jih je enkrat tedensko tudi razkužiti.

3.5 Posneto mleko

Sveže posneto mleko dobimo tako, da s centrifugiranjem iz polnomastnega mleka izločimo mlečno maščobo. Posneto mleko vsebuje še cca 0,1 % mlečne maščobe, druge sestavine ostanejo v podobni količini kot v polnomastnem mleku. Sveže surovo mleko v povprečju vsebuje 3,4 % SB. Beljakovine se odlikujejo v kakovostni aminokislinski sestavi, vsebujejo 8 % lizina, za primerjavo: žitno zrnje vsebuje med 2,5 in 3,6 % (Grum, 1988). Uporabljamo sveže ali zakisano posneto mleko. Pri krmljenju je potrebno paziti na čistočo, ker se ostanki posnetega mleka hitro pokvarijo. V prehrani prašičev lahko uporabljamo precejšnje količine posnetega mleka. Pri pitanju prašičev nadomestimo z 1,5 l svežega ali zakisanega mleka 100 g beljakovinskega koncentrata (če le-ta vsebuje 40 % SB). Pri pitanju prašičev z žiti je potrebno za pokritje potreb po beljakovinah oz. aminokislinah dodati 3 l posnetega mleka, poleg je potrebno dodati še minerale in vitamine. V primeru krmljenja prevelikih količin mleka prašičem pancev lahko pride do večje zamaščenosti (Edwards, 2002).

4 Omejitve uporabe posameznih krmil v krmi za prašiče pance

Pri opisu posameznih krmil smo že navedli, da alternativnih krmil ne smemo vključevati v krmne mešanice v neomejenih količinah, ker posamezna krmila vsebujejo različne antinutritivne snovi. Preglednica 8 prikazuje maksimalne še dovoljene količine krmil v krmnih mešanicah za prašiče. Priporočila se lahko razlikujejo, odvisno od sorte posameznega krmila. Na primer pri bobu poznamo različne sorte boba z večjo ali manjšo vsebnostjo tanina (Blair, 2007), kar pomembno vpliva na priporočila za krmljenje.

Preglednica 8: Maksimalne dovoljene količine (v %) posameznih krmil v krmnih mešanica za prašiče pitance (Blair, 2007; Christiansen, 2010; Hoffman in Steinhöfel, 2010)

Krmilo	Blair (2007), Christiansen, (2010)		Hoffmann in Steinhöfel (2010)	
	Telesna masa < 40 kg	Telesna masa > 40 kg	Predpitanje	Pitanje
Bob	20	20	15	25
Fižol	20	20	/	/
Grah	20	40	20	40
Lupina, seme	15	15	15	15
Ogrščica, seme, polnomastna	4	7	5	10
Soja, pražena	15	15	10	5
Soja, polnomastna, toplotno obdelana	20	20	/	/
Sončnice, seme	10	15	5	5
Sirotko, posušena			15	15
Krompir	20	35	/	/
Zelene moke	5	5	0	5
Pesni rezanci	15	15	/	/
Pesni rezanci, sveži	20	30	25	30

Neomejeno krmljenje svežih krmil prav tako ni priporočeno, zato v preglednici 9 prikazujemo tudi priporočene dnevne količine posameznih svežih krmil za prašiče pitance.

Preglednica 9: Priporočena dnevna količina svežih krmil za pitance (Hoffman in Steinhöfel, 2010)

Krmilo	Predpitanje (kg/dan)	Pitanje (kg/dan)
Pivske tropine, sveže, silirane	3	5
Krmna pesa	2-3	2-4
Parjen krompir	7	5
Koleraba, repa, pesa	1	2
Koruzno zrnje, vlažno, konzervirano (65 % SS)	3	4
Koruzno zrnje, silirano	2	3,5
Melasa	1	1
Korenje	3	3
Sirotko, sveža	6	8
Pesni rezanci, sveži, silirani (24 % SS)	3	6
Sladkorna pesa, surova	3	4

SS = suha snov

5 Priporočila

Alternativna krmila so lahko v prehrani prašičev pitancev pomemben vir beljakovin in tudi drugih hranljivih snovi. Z njihovo uporabo lahko dosežemo tudi dobro kakovost klavnih trupov, mesa in mesnin. Morda je smiselna predvsem uporaba alternativnih krmil, ki so jih v manjših rejah v preteklosti že uporabljali in se njihova uporaba vrača. V prispevku so iz različnih literaturnih virov zbrane hranilne vrednosti in priporočila za krmljenje najpomembnejših alternativnih krmil, ki jih uporabljamo v Sloveniji. Ker v slovenski literaturi najdemo zelo malo uporabnih podatkov o njihovi uporabi v prehrani prašičev, še manj pa imamo opravljenih analiz njihove sestave, bomo v nadaljevanju projekta analizirali najbolj pogosto uporabljena lokalno pridelana alternativna krmila in določili njihovo hranilno vrednost.

Viri

- Aalhus JL, Dugan MER, 2001. Improving meat quality through nutrition. *Advances in Pork Production*, 12: 145-150.
- Alternative feed ingredients in swine diets II: Use, advantages and disadvantages of common alternative feedstuffs. 2008.
http://old.pork.org/filelibrary/animalscience/alt_feed_2.pdf (16.6.2014).
- AMINODat® 4.0. <http://feed-additives.evonik.com/product/feed-additives/en/services/analytical-services/aminodat/Pages/default.aspx> (4.5.2014).
- Blair R, 2007. Nutrition and feeding of organic pigs. CABI, Cambridge, UK, 322 str.
- Christiansen JP, 2010. The basics of pig production. 2nd edition. Knowledge centre for agriculture Landbrugsforlaget, Aarhus, Danska, 216 str.
- Edwards S., 2002. Feeding organic pigs. University of Newcastle.
http://www.britishpigs.org.uk/Newcastle_handbook_of_raw_materials.pdf (18.8.2014).
- EvaPig. Version: 1.3.1.7. <http://www.evapig.com/x-home-en> (6.6.2014).
- Fuller M. 2004. The encyclopedia of farm animal nutrition. Rowett Research Institute, Aberdeen, 800 str.
- Feedipedia, Animal feed resources information system. <http://www.feedipedia.org> (15.12.2014)
- GfE, 2006. Empfehlungen zur Energie und Nährstoffversorgung bei Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt, Nemčija, 247 str.
- Grum F, 1988. Oljne tropine in živalske beljakovine. V: Prehrana in krmljenje prašičev. ČZP Kmečki glas, Ljubljana, 104-117.
- Guo Q, Richert BT, Burgess JR, Webel DM, 2006. Effect of dietary vitamin E supplementation and feeding period on pork quality. *J. Anim. Sci.* 84: 3071-3078.
- Hansen LL, Claudi-Magnussen C, Jensen SK, Andersen HJ, 2006. Effect of organic pig production systems on performance and meat quality. *Meat Sci.* 74: 605-615.
- Hofmann M, Steinhöfel O, 2010. Futtermittelspezifische Restriktionen. Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, München, 29-31.
- Jeroch H, Salobir J, 2006. Nova spoznanja o krmni vrednosti krmil iz ogrščice in njihova uporaba pri krmljenju domačih živali. *Acta Agric. Slov.* 88: 117-131.
- Lindermayer H, Preißinger W, Propstmeier G, 2011. Heimische Eiweißfuttermittel, Unterrichts- und Beratungshilfe, November 2011.
http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p_39080.pdf (12.5.2014).
- NRC, 2012. Nutrient requirements of swine. 11. Dopolnjena izdaja. National Academies Press, Washington, 400 str.
- Salobir K, 1988. Temeljna pravila in normativi za prehrano prašičev. V: Prehrana in krmljenje prašičev. ČZP Kmečki glas, Ljubljana, 6-52.

- Sauvant D, Perez JM, Tran G, 2002. Tables of composition and nutritional values of feed materials. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 304 str.
- Shurson J, Whitney M, Johnston L, Koehler B, Hadad R, Koehler D, 2002. Designing Feeding Programs for Natural and Organic Pork Production. <http://conservancy.umn.edu/bitstream/48800/1/BU07736FIXED.pdf> (2.9.2014).
- Stein H, Lange K, 2007. Alternative feed ingredients for pigs. <http://nutrition.ansci.illinois.edu/sites/default/files/Proc7thLondonSwineConf2.pdf> (22.9.2014).
- Stekar J, 1988a. Oljne tropine in živalske beljakovine. V: Prehrana in krmljenje prašičev. ČZP Kmečki glas, Ljubljana, 104-117.
- Stekar J, 1988b. Zrnje žit in stročnic v prehrani prašičev. V: Prehrana in krmljenje prašičev. ČZP Kmečki glas, Ljubljana, 90-103.
- Verbič J, 1988a. Korenovke, gomoljnice in buče v prehrani prašičev. V: Prehrana in krmljenje prašičev. ČZP Kmečki glas, Ljubljana, 70-77.
- Verbič J, 1988b. Silaža za prašiče. V: Prehrana in krmljenje prašičev. ČZP Kmečki glas, Ljubljana: 53-63.
- Verbič J, 1988c. Silirano koruzno zrnje in storži za prašiče. V: Prehrana in krmljenje prašičev. ČZP Kmečki glas, Ljubljana, 64-69.

Poglavje 5

Postopki s prašiči pred in po zakolu

Martin Škrlep^{1*}
Maja Prevolnik Povše²
Nina Batorek-Lukač¹
Urška Tomažin¹
Marjeta Čandek-Potokar^{1,2}

Povzetek. Ravnanje z živalmi v predklavnem obdobju in med zakolom je ključnega pomena tako z vidika zagotavljanja dobrega počutja živali kot tudi ustrezne kakovosti mesa. Večino postopkov (predvsem v povezavi z dobrim počutjem in higieno) ureja tudi veljavna evropska in nacionalna zakonodaja. Prenajanje predklavnega stresa je odvisno od prehodnih izkušenj posamezne živali in navajenosti na stik s človekom. Stresa v predklavnih postopkih ne moremo popolnoma preprečiti, lahko pa ga zmanjšamo na najmanjšo možno mero, predvsem s poznavanjem in izkoriščanjem vrstno specifičnega obnašanja živali. Za preprečevanje poškodb je pomembna ustrezna oprema in njena pravilna uporaba. Pomembno pa je tudi preprečevanje mešanja nepoznanih živali, še posebej v primeru osebkov moškega spola (merjascev). Nastanek TČS kakovosti mesa lahko nadzorujemo s tem, da zagotovimo, da živali v predklavnih postopkih ne porabijo vse energije (preprečitev dolgotrajnega stresa ali napora, počitek, oskrba s krmo in pitno vodo). Nastanek BMV kakovosti mesa lahko preprečimo če izključimo akutni stres pred zakolom in omogočimo ustrezno hlajenje klavnega trupa.

1 Uvod

Ravnanje s prašiči pred in med zakolom sodi med najpomembnejše dejavnike tako s strani dobrega počutja živali, kot tudi z vidika kakovosti mesa/klavnih trupov in njihove sprejemljivosti za predelavo. Za predelavo je namreč primerno le meso ustrezne kakovosti, ki ga lahko zagotovimo le, če so živali podvržene čim manjši ravni stresa, čimer morajo biti prilagojeni vsi postopki/ravnanja pred in ob zakolu, večino katerih predpisuje tudi veljavna evropska in nacionalna zakonodaja, ki jo v pričujočem prispevku tudi povzemamo.

2 Ravnanje z živalmi pred zakolom

Ravnanje z živalmi pred zakolom je neprekinjen niz dogodkov od pregona iz hleva do omamljanja oziroma zakola v klavnici in je izjemnega pomena z vidika zagotavljanja dobrega počutja živali in ustrezne kakovosti mesa. Predklavno obdobje se prične s

¹ Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče

* E: martin.skrlep@kis.si (Martin Škrlep)

pripravo živali na kmetiji in vključuje post pred zakolom, označevanje, menjavo prostorov ipd. Sledi faza, ki vključuje nakladanje, prevoz/transport (neposreden ali posreden preko zbirnih centrov) in razkladanje. Tretjo fazo pa predstavlja pregon iz prevoznega sredstva do mesta počivanja, počivanje in pregon do mesta omamljanja (Faucitano, 1998; Barton Gade, 2004). Optimalno ravnanje je odvisno od specifičnih lastnosti posamezne živalske vrste, predhodnih izkušenj posamezne živali ter nadaljnjih postopkov. Ključni moment predstavlja stik živali s človekom (z rejci, prevozniki in osebjem v klavnici, Shaw in Tume, 1992; Fernandez in sod., 1995). Živali, predvsem v ekstenzivnih sistemih reje, imajo v času reje malo stika z ljudmi med tem ko so prašiči iz intenzivnih rej bolj navajeni človeka. Med vrstno specifičnimi vzorci obnašanja je v predklavnih postopkih posebej pomemben čredni nagon, ki ga lahko s pridom izkoriščamo pri gibanju živali; za prašiče je značilno, da imajo (v primerjavi z govedom in drobnico) čredni nagon slabše razvit (Barton Gade, 2004).

Zakonodaja

Ravnanje s živalmi pred in ob zakolu predpisuje **Zakon o zaščiti živali** (UL RS 43/2007, oz. dopolnitev/spremenbe zakona: UL RS 23/2013). Zakon določa odgovornost ljudi za zaščito živali, to je zaščito njihovega življenja, zdravja in dobrega počutja; določa pravila za dobro ravnanje z živalmi; med drugim določa tudi pogoje, ki jih je treba za zaščito živali zagotoviti v okviru postopkov pred in po zakolu (predvsem pri prevozu in zakolu živali).

Prevoz živali in postopki, povezani z njim, morajo potekati v skladu z **Uredbo Sveta (ES) št. 1/2005** z dne 22. decembra 2004 o zaščiti živali med prevozom in postopki, povezanimi z njim, in o spremembi Direktiv 64/432/EGS in 93/119/ES ter Uredbe (ES) 1255/97 (UL L št. 3 z dne 5. 1. 2005, str. 1, z vsemi spremembami; v nadaljnjem besedilu: Uredba 1/2005/ES). Dodatno pa **Pravilnik o zaščiti živali med prevozom** (UL RS 62/2009) podrobneje določa izdajo dovoljenj prevoznikov, ki opravljajo komercialne prevoze živali, preverjanje in odobritev cestnih prevoznih sredstev in plovil za prevoz živali, usposabljanje voznikov oziroma spremnih oseb na vozilu, register prevoznikov, prevoznih sredstev in voznikov ter obveščanje.

Postopke z živalmi pri zakolu ureja **Uredba Sveta (ES) št. 1099/2009** z dne 24. septembra 2009 o zaščiti živali pri usmrtni (v nadaljnjem besedilu Uredba 1099/2009/ES), medtem ko sta, v skladu s prvim odstavkom 29. člena Uredbe 1099/2009/ES, za klavnice zgrajene ali preurejene pred 1.1. 2013 še vedno v veljavi 6. in 7. člen starega Pravilnika o zaščiti živali pri zakolu (Uradni list RS, št. 33/05 in 5/06), ki se nanašata na zahteve pri opremljenosti klavniških hlevov in ograd.

Delno so z obravnavano tematiko povezani še nekateri drugi pravni akti (ki sicer primarno urejajo veterinarsko sanitarni red in klasifikacijo klavnih trupov znotraj EU oz. RS):

Uredba (ES) št. 852/2004 z dne 29. aprila 2004 o higieni živil. UL L 139, 30.4.2004, str. 1-54.

Uredba (ES) št. 853/2004 z dne 29. aprila 2004 o posebnih higienskih pravilih za živila živalskega izvora. UL L 139, 30.4.2004, str. 55-205.

Uredba (ES) št. 854/2004 z dne 29. aprila 2004 o določitvah posebnih predpisov za organizacijo uradnega nadzora proizvodov živalskega izvora, namenjenih za prehrano ljudi. UL L 139, 30.4.2004, str. 206-320.

Uredba (ES) št. 882/2004 z dne 29. aprila 2004 o izvajanju uradnega nadzora, da se zagotovi preverjanje skladnosti z zakonodajo o krmih in živilih ter s pravili o zdravstvenem varstvu in zaščiti živali. UL L 165, 30.4.2004, str. 1-141.

Pravilnik o označevanju živali, veterinarskem spričevalu in napotnici, izjavi o prehranski varnosti, povratni informaciji ter izjavi prevoznika (UL RS, št. 136/06 z dne 22.12.2006).

Pravilnik o razvrščanju prašičjih trupov. UL RS 50/2006.

Odločba komisije 2005/879/ES z dne 8. decembra o odobritvi metod za razvrščanje prašičjih trupov v Sloveniji. UL L 324, 10.12.2005 spremenjena z odločbo komisije 2008/167/ES z dne 18. februarja 2008, UL L 56, 29.2.2008, str. 28.

3 Predklavni stres

Predklavni postopki so za živali stresni, saj se srečujejo z novim okoljem, situacijami in vrstniki. Pojava stresa ne moremo preprečiti, lahko pa ga zmanjšamo na najmanjšo možno mero, s tem, da preprečimo vse nepotrebne dogodke, ki ogrožajo dobro počutje živali (Barton Gade, 2004). Zelo pomembno je, da v največji možni meri omogočimo prostovoljno gibanje živali z izkoriščanjem naravnih oblik obnašanja. Živali se gibajo prostovoljno, če se ljudje postavijo na ustrezne pozicije in če je v smeri gibanja čim manj motečih dejavnikov. Takšno gibanje zmanjšuje potrebo po uporabi sile, kar je eden izmed ključnih ciljev predklavnih postopkov. Nujno je preprečevati nastanek poškodb in agresivno obnašanje (saj le-to povzroča strah in različne poškodbe) in posvečati pozornost fiziološkim potrebam živali (kot so termoregulacija, žeja, tudi lakota). V primeru poškodb je potrebno takojšnje ukrepanje. Veterinar ali druga pristojna oseba odloči, ali so poškodbe tako hude, da je potrebna evtanazija ali pa je žival sposobna počakati do zakola v posebnem boksu (Faucitano, 1998; Barton Gade, 2004).

V primerjavi z drugimi domačimi živalmi je ravnanje s prašiči relativno težko, predvsem zaradi njihovega temperamenta in oblike telesa. Zanje je značilno, da imajo dobro razvit voh in sluh, hkrati pa so precej kratkovidni (Bolton, 2004). V primerjavi s prežvekovalci so prašiči precej bolj občutljivi na stres (Adzitey, 2011). Določanje stopnje stresa v predklavnih postopkih oziroma odločitve, kdaj je določeno ravnanje (ne)ustrezno, je izjemno težavno. Eden izmed pokazateljev stopnje predklavnega stresa je tudi kakovost mesa po zakolu (Barton Gade, 2004; Adzitey, 2011). Daljši prevoz ali druge vrste kroničnega stresa/napora pred zakolom povzročajo prekomerno porabo zalog glikogena, kar se odraža v TČS kakovosti mesa (temno, čvrsto in suho meso), katerega glavni pokazatelj je poleg omenjenih vidnih znakov še povečan pH. Akutni stres ima po drugi strani, ob prisotnosti zadostne količine glikogena, lahko za posledico intenzivno glikolizo, ki se odraža v hitrem padcu pH vrednosti, povišani temperaturi in denaturaciji mišičnih beljakovin. Posledice so vidne kot t.i. BMV (belo mehko in vodeno) meso, ki je svetlejšje barve, mehke konsistence s slabo sposobnostjo vezave vode. Pojav omenjene napake je poleg stresa ob zakolu vezan še na genetsko zasnovo (npr. halotanska in *RN* mutacija; podrobnejše informacije so podane v *Poglavju 2 - Genetski vplivi na tehnološko kakovost mesa*) ter postopke hlajenja klavnega trupa z večjo pojavnostjo pri slabem/počasnem hlajenju (Monin, 2004).

Poškodbe, udarnine, raztrganine, podplutbe in praske, ki nastanejo zaradi agresivnega obnašanja in neprimerne grobega ravnanja, so nedvoumno povezane z dobrim počutjem živali (Turner in sod., 2006). Posebno »prizadeta« kategorija so merjasci (nekastrirani samci), ki kažejo še posebno visoko raven agresije in spolnega obnašanja (naskakovanja; Warris, 1996; Bolhuis in sod., 2005), čeprav so k temu nagnjeni tudi kastrati in svinjke (von Borell in sod., 2009). Posledica so podplutbe kože, udarci, ugrizi (Škrlep in sod., 2011), ki vplivajo na videz klavnega trupa in njegovo primernost za predelavo v mesne izdelke. Za nekatere proizvode, kot npr. pršut, je odsotnost površinskih in globinskih poškodb bistvenega pomena pri sprejemljivosti surovine (Čandek-Potokar in sod., 2007; Šegula in sod., 2007). Poleg travmatskih poškodb pa agresivno obnašanje (i.e. višja aktivnost) vodi v hitrejšo porabo glikogenskih rezerv, višji pH mesa in TČS kakovost (Oliver in sod., 1996). Temu se lahko v določeni meri izognemo, če preprečimo mešanje živali med transportom, oziroma poskušamo vzdrževati stalno

sestavo skupin cel čas transporta. V primeru, da to ni možno, je rešitev v tem, da živali pomešamo že pred nakladanjem, saj novo okolje v prevoznem sredstvu začasno zmanjša agresivnost. Rešitev je tudi v tem, da čim bolj skrajšamo čas transporta, formiramo manjše skupine (pod 15 živali) in omejimo prostor (Faucitano, 1998). V splošnem velja, da ravnanje, ki ima za posledico nizko pojavnost TČS in BMV kakovosti mesa, poškodb kože in drugih organov ter nizko stopnjo umrljivosti v predklavnih postopkih, kaže na boljše počutje živali, vendar pa ne vključuje nujno psihološkega momenta. Številni postopki so za živali (vidno) stresni, vendar se v primeru optimalnih genotipov ne odražajo kot poškodbe ali poslabšana kakovost mesa. (Monin, 2004).

4 Postopki pred in po zakolu in njihov vpliv na stres ter kakovost klavnih trupov in mesa

Gre za skupen vpliv številnih dejavnikov, ki pogojujejo razne vrste tako fizičnega kot psihološkega stresa vključno z neznanim okoljem, razlikami v okoljski temperaturi, hrup, vibracije, spremembe hitrosti, zaprte prostore, gnečo, neznane zvoke, osvetlitev, soočenje z neznanimi živalmi in razbitje vzpostavljenih socialnih (hierarhičnih) skupin (Adzitey, 2011). Posledice so vidne kot pojav travmatskih poškodb, stradanje, dehidracija in utrujenost, ki se pogosto manifestira na kakovosti mesa in klavnih trupov (Lawrie, 2006). Poškodbe klavnih trupov kot so podplutbe, hematomi, hujše kožne odrgnine, pordečela koža in zlomi kosti zmanjšujejo vrednost klavnega trupa in/ali zahtevajo dodatno obdelavo (odstranjevanje poškodovanih predelov) ter tako vplivajo na ekonomsko dobit (Barton Gade, 2004).

Glavni dejavnik, ki pogojuje kakovost mesa, je vsebnost energetskih rezerv v mišici, le-ta pa je odvisna od številnih drugih dejavnikov, ki nastopajo pred, ob in po zakolu živali. Krmljenje oskrbuje z energijo za rast in vzdrževanje, presežek pa se shrani v jetrih, mišicah in maščobi. Dalj časa ko preteče od zadnjega krmljenja, manj energije je na voljo za prenašanje obremenitev transporta. Med transportom in počivanjem je poraba energije odvisna od ravnanja z živalmi. Nekateri prašiči porabijo velike količine energije, še posebej ob agresiji, drugi pa majhne. Daljši kot je transport in počivanje, večja je poraba energije. Tudi pretepanje med živalmi vodi v večjo porabo energije, zato je poleg poškodb kože tudi povečano tveganje za nastanek TČS mesa (Faucitano, 1998).

Pomemben vpliv imajo tudi genetski dejavniki. Genetska zasnova za BMV meso je odvisna od prisotnosti t.i. halotana gena (i.e. mutacije gena rianodinskega receptorja). Pri živalih, ki so homozigoti za ta gen, se bo vedno pojavila BMV kakovost, razen v primeru, če so živali pred zakolom izčrpane. Energijske rezerve pred zakolom so odvisne še od drugega gena z velikim učinkom. Živali z genotipom RN^- (dominantne mutacije na genu *PRKAG3*), vezanim na pasmo hemsšir, imajo visok nivo glikogena v mišicah, ki se po zakolu spremeni v laktat, zniža pH vrednost in povzroči t.i. kislo meso, podobno BMV mesu (velika izceja, svetla barva). Pri prašičih z RN^- genom ob izpostavitvi kroničnemu stresu/naporu pH in pojavnost TČS mesa narasteta kasneje kot pri prašičih brez tega gena (Sellier in Monin, 1994; Milan in sod., 2000). Če upoštevamo vse naštetje dejavnike, bo dobila klavnica najboljšo kakovost mesa v primeru zagotavljanja srednje količine energije ob zakolu ter preprečevanja agresije v predklavnem obdobju. V primeru pojavljanja halotana in RN^- gena je zagotavljanje kakovosti bistveno težje, zato se v

večini držav zavzemajo za aktivno odstranitev teh genov iz populacij prašičev (Monin, 2004).

4.1 Nakladanje

Izvor stresa v času nakladanja so nove okoliščine, situacije, mešanje neznanih živali ter fizični napor nakladanja (Faucitano, 1998). Če živali niso navajene stika s človekom, si lahko pomagamo s polnimi stenami. Posebej pomembna je enakomerna osvetlitev, nedrseča tla, odsotnost ovir, senc, luž, ipd. Pomembno je, da klančine niso prestrme. Pri natovarjanju je priporočeno, da nakloni klančin ne presegajo 20°. Poleg tega lahko uporabljamo številne druge tehnološke rešitve, ki so že dalj časa na voljo (hidravlična dvigala, rampe, itd.; Philips in sod., 1988; Brown in sod., 1993; Nanni Costa in sod., 1996). Relativno veliko prašičev pri klavni teži trpi zaradi poškodb nog, kar še poveča stres pri nakladanju (van Putten, 1982). Za prašiče je značilno, da imajo slab čredni nagon, zaradi česar morajo biti poti dovolj široke, da lahko vzporedno hodita dva ali trije prašiči, sicer lahko pride do zastojev (Barton Gade, 2004). Prašiči so posebni tudi z vidika krmljenja pred zakolom. Pred transportom (in zakolom) potrebujejo post, s čimer zmanjšamo slabost in smrtnost med transportom (bruhanje, inhalacija želodčne vsebine, zadušitve), izboljšamo kakovost mesa (manjša pojavnost BMV ob ustrezni porabi energijskih rezerv) in zagotovimo večjo mikrobiološko varnost, saj zmanjšamo možnost kontaminacije mesa s črevesno vsebino pri evisceraciji (Faucitano, 1998). Optimalen čas posta ni povsem znan. Pogosto se uporablja 10-12 urni post, vendar je bilo trajanje določeno bolj z vidika zagotavljanja higiene zakola (zagotavljanje čim bolj praznih prebavil). Raziskave tudi kažejo, da začne žival po 18 urah izgubljati težo, zato naj ne bi čas posta nikoli presegal 18 - 24 ur. Ponekod se porablja 36 urni post, vendar je to nesprejemljivo z vidika dobrega počutja. (Tarrant, 1989; Oliver in sod., 1996; Gispert in sod., 1996).

4.2 Transport

Med daljšim transportom stres zaradi nakladanja postopno izgine. Živali se umirijo in navadijo na transport, odvisno pa je seveda od vrste transportnega sredstva, poti/ceste in načina vožnje (Barton Gade, 2004). Za dobro počutje živali je najpomembnejša vrsta/oblika vozila, in sicer dobra izolacija sten in strehe, nedrseča tla, ventilacija ter prekati, ki nudijo živalim oporo. Vzmetenje vozila je pomembno pri preprečevanju slabosti med vožnjo, še posebej pri prašičih (Nielsen, 1982). Čeprav se živali med vožnjo umirijo, obstajajo omejitve glede dolžine vožnje - kdaj je potreben počitek, napajanje, krmljenje. Prežvekovalci so bolj odporni na odvzem vode in krme kot monogastrične živali (npr. prašiči). Prašiči postanejo lačni in žejni po 8 urnem potovanju, posebno dehidracija pa je (poleg vpliva na dobro počutje) povezana tudi z izgubami klavne teže. V primeru, da transport traja več kot 24 ur, je potrebno živali razložiti ter jim zagotoviti 24 urni počitek, hrano in vodo, čeprav samo razkladanje in ponovno nakladanje spet povzroči neželen stres in bi bilo najbolje živali krmiti in napajati v samem vozilu. Gostota prašičev med transportom (talna površina na voljo živalim) je sporno vprašanje, saj je s komercialnega vidika interes po transportu čim večjega števila živali zaradi zniževanja stroškov prevoza. V evropski zakonodaji je minimalna površina predpisana, poleg tega pa bi se morali prevozniki prilagajati tudi okoljskim razmeram (npr. temperaturi zraka - ob vročini znižati gostoto). Načeloma velja, da je potrebno zagotoviti toliko prostora, da se žival lahko uleže. (Tarrant, 1989). Literaturnih podatkov o optimalnem vplivu prostora med transportom na kakovost mesa je malo. Pri kratkih

transportih je vpliv minimalen, medtem ko se z daljšanjem transporta že kaže učinek na povišan pH mesa (več TČS, manj BMV), kot posledica izrabe glikogenskih energetskih rezerv (Barton Gade in Christensen, 1998; Monin, 2004).

Zakonodaja (Uredba 1/2005/ES, Zakon o zaščiti živali)

Prevažamo lahko le zdrave in nepoškodovane živali (tj. živali, ki so sposobne za prevoz), prav tako ne brejih samic, pri katerih je preteklo že več kot 90 % pričakovanega časa brejosti, ali pa samic, ki so povrgle pred manj kot pred enim tednom. Isto velja za novorojene živali, pri katerih se popek še ni zacelil oz. pri prašičih za tiste, mlajše od treh tednov. Izjeme so dovoljene pri bolnih ali poškodovanih živalih in pri živalih, ki se prevažajo z namenom zdravljenja, ali zaradi znanstvenih raziskav, če je prevoz odobril pristojni veterinarski delavec ali strokovnjak za zaščito živali. Prevozna sredstva morajo biti prilagojena temu, da preprečijo poškodbe in trpljenje živali, hkrati pa zagotavljajo njihovo varnost, prav tako naprave za natovarjanje in iztovarjanje. Osebe, ki ravna z živalmi, pa mora biti ustrezno usposobljeno. Prevozna sredstva morajo biti zavarovana pred vremenskimi nevšečnostmi in razlikami v klimatskih pogojih. V prevoznih sredstvih mora biti v času prevoza zagotovljeno ustrezno prezračevanje, še posebej pri živalih, ki so občutljive na temperaturne spremembe. Prav tako mora biti omogočeno čiščenje in razkuževanje. Živali med prevozom ne smejo po nepotrebnem trpeti zaradi nezadostne površine, višine, nezadostnega napajanja ali krmljenja živali. Prav tako je pomembno, da je namestitev živali v prevoznem sredstvu taka, da se izognemo poškodbam ali izpadanju živali iz prevoznega sredstva, predelne stene morajo biti dovolj močne, tla morajo biti nedrseča ter taka, da preprečujejo uhajanje urina in iztrebkov v okolje. Poleg živali ne smemo prevažati blaga, ki je škodljivo za zdravje živali. Za prašiče je predpisana gostota pri transportu največ **253 kg/m²** (velja za prašiče s telesno maso 100 kg), pri čemer morajo imeti na voljo vsaj toliko prostora, da lahko vstajajo in legajo v svojem naravnem položaju. Pri prašičih lahko transport traja neprekinjeno največ osem ur, čas vožnje pa se lahko podaljša, če so prevozna sredstva ustrezno opremljena (prezračevanje, napajanje), vendar ne sme biti daljši od 24 ur. Po tem času je potrebno živali iztovoriti, napojiti, nakrmiti in jim zagotoviti 24 urni počitek.

4.3 Počitek v hlevu pred zakolom

Počivanje pred zakolom se izvaja zato, da si živali opomorejo od stresa med transportom. Med počitkom morajo biti zadovoljene fizične potrebe živali - dostop do vode, zaščita med neugodnim vremenom, ventilacija; v primeru, da čakanje na zakol traja preko 12h, morajo živali dobiti tudi krmo (Kirbiš in sod., 2013). To se zgodi predvsem pri prenočevanju. Pri prašičih je potrebno paziti, da v tem primeru damo krmo pozno popoldne, da so do naslednjega dne prebavila prazna. Obstaja malo podatkov o optimalnem času počivanja pred zakolom. Tega je tudi zelo težko določiti, saj imajo živali za sabo različno zgodovino. Tako čas počivanja bolj zadeva potrebe klavnice. Za prašiče so nekatere redke raziskave na osnovi fizioloških meritev pokazale, da potrebujejo vsaj 2-3 ure počitka, kar je skladno tudi s priporočili za doseganje ugodne kakovosti mesa (Eikelenboom in Bolink, 1991), čeprav je s stališča poškodb kože (agresija) boljše živali čim hitreje poslati v zakol (Roseiro in sod., 1996).

Zakonodaja (Uredba 1/2005/ES, Zakon o zaščiti živali)

Objekti in naprave za natovarjanje in raztovarjanje morajo biti take, da onemogočajo poškodbe in trpljenje živali. Površine morajo biti nedrsne in omogočati razkuževanje, naklon klančine za prašiče ne sme biti večji kot 20 °. Živali se takoj po prihodu raztovorijo v klavniški depo, kjer mora biti (če se ne zakoljejo takoj) na voljo tudi voda in krma (če je zahtevan daljši počitek), prostori pa morajo ravno tako onemogočati poškodbe in biti iz materialov, ki omogočajo čiščenje. Med manipulacijo z živalmi v klavniškem prostoru je treba poskrbeti za čim nižji nivo vznemirjenja, da se preprečijo travmatske poškodbe in zagotovi ustrezna kakovost klavnega trupa in mesa. Pri tem je potrebno upoštevati lastnosti živali, kot so prostor umika, čredni nagon ter uporabiti samo dovoljena priganjala. Pri prašičih je poleg

desk, posebnih zastavic, vesel in ropotulj, dovoljena tudi uporaba električnega priganjača, vendar le na mišicah zadnjega dela telesa, pri živalih, ki se nočejo premakniti in ne več kot eno sekundo. Ostali pripomočki, kot so ostre konice, kovinske ali plastične palice, verige, močan vodni curek, niso dovoljene. Pred zakolom je obvezen veterinarski pregled, kjer se preveri zdravstveno stanje živali (ustreznost za prehrano), poleg tega pa še označbe (pri prašičih skupna označba gospodarstva, plemenske svinje pa še individualno) ter spremno dokumentacijo (izjava o prehranski varnosti, potni list ter eventualno še veterinarsko napotnico).

4.4 Pregon do mesta omamljanja

Omenjen stadij je prav tako pomemben s stališča stresa za živali. Tukaj se živali spet srečujejo z novimi situacijami, poleg tega se morajo premikati z določeno hitrostjo, ki jo zahteva linija klanja, kar ponovno vodi do vznemirjenja, napora, lahko pa tudi do mišičnih krvavitvev, poškodb kože in pojava BMV mesa (Faucitano, 1998). Bistvenega pomena je optimalno oblikovanje obrata, uporaba opreme (priganjal) pa mora zagotavljati čim manj stresno gibanje živali proti mestu zakola. V splošnem obstajata dva načina - neprekinjen (linijski), primeren za velike obrate, in v presledkih (več prašičev v skupini), primeren za manjše obrate (Barton Gade, 2004).

4.5 Omamljanje

Namen omamljanja je povzročitev takojšnje izgube zavesti in s tem neobčutljivost med izkravitvijo in posledično smrtjo. Pri tem je treba biti pozoren na globino/učinkovitost omamljanja, na kar kažejo specifični znaki: takojšen kolaps (žival pade in obleži na tleh), kratki spastični krči, lahko tudi nekoordinirano premikanje zadnje okončine, takojšnje prenehanje ritmičnega dihanja, odsotnost koordiniranih poskusov vstajanja, odsotnost vokaliziranja, odsotnost rotiranja očesnega zrkla in očesnih refleksov. Tudi iz ust viseč jezik je znak učinkovitega omamljanja, vendar ni pogoj za to diagnozo. Za omamljanje prašičev se lahko uporablja strelna naprava s penetrirnim klinom (mehansko omamljanje), električni tok ter CO₂. V vseh primerih omamljanja je zelo pomembna priprava živali - fiksacija, tako s stališča preprečevanja poškodb živali kot tudi operaterja (Kirbiš in sod. 2013).

Pri **mehanskem načinu omamljanja** pride do uničenja dela možganov s penetrirnim klinom, metoda je nepovratna (smrt nastopi tudi brez nadaljnega posredovanja) in glede na učinek (takojšnja neobčutljivost) ocenjena kot relativno humana. Za omamljanje prašičev se uporabljajo večinoma strelne naprave z nabojem, v primeru živali težjih kategorij pa tudi pnevmatske naprave. Uporaba same strelne naprave se lahko izkaže kot težavna zaradi majhnega ciljnega mesta, globoke lege možganov (možganski sinusi) in težavne fiksacije, zato je (posebno pri velikih živalih) bolj priporočljivo omamljanje z ogljikovim dioksidom oz. z električnim tokom, ki se v praksi (večje industrijske klavnice) tudi pogosteje uporablja (Shaw, 2004). V primerjavi z električnim, mehansko omamljanje pri večini živali ne povzroča tako hudega krčenja, krvavitve pa se pojavljajo manj pogosto. Prašiči so pri tem izjema, saj se pri tovrstnem omamljanju prav tako lahko pojavijo intenzivni mišični krči, povezani z nastankom krvavitvev ter hitrega padca pH (Monin, 2004; Shaw, 2004).

Pri **omamljanju z elektriko** se nezavest povzroči z električnim tokom skozi možgane (lahko tudi še čez srce). Pri tem je pomembno, da se z ustrezno visoko napetostjo (240-700 V), doseže tok (min. 1,3 A), ki ob ustreznem času izpostavitve (1 s), po udaru povzroči nezavest (neobčutljivost) živali. Pri tem je važen tudi dober stik med

elektrodama in kožo na glavi, da se zagotovi dobra prevodnost električnega toka. Najpogosteje se za elektrifikacijo uporabljajo posebne klešče, ki se namestijo med očesom in osnovo ušes. Medtem ko je pri elektrifikaciji skozi možgane metoda povratna (ob zakasneni izkrvavitvi se prašiči lahko zbudijo iz nezavesti), je električni udar skozi srce (ob uporabi ustrezne namestitve elektrod) zaradi zastoja srca, smrten (Lamblooi, 2004). Zastoj srca naj ne bi vplival na samo kvaliteto izkrvavitve, pod pogojem, da je ta opravljena v času 2 min. po omamljanju (Tarrant, 1989). Ob neustrezni uporabi (previsok tok/napetost/čas izpostavitve), omamljanje z elektriko lahko povzroči nastanek krvavitev v tkivih (mišicah in površinskih tkivih), možni pa so tudi zlomi (kosti sprednjih okončin, medenice in vretenc) (Griot in sod., 2000), kar lahko učinkovito preprečimo z uporabo različnih fiksacijskih orodij (Bolton, 2004). Električno omamljanje inducira mišične krče, ki povzročijo pokanje manjših mišičnih kapilar ob sočasno povišanem krvnem pritisku. Krvavitve se lahko pojavijo tudi zaradi ruptur ven (podkožje, zaradi povečanega venskega tlaka). Za zmanjšanje pojavnosti krvavitev je pomemben čim krajši interval med omamljanjem in izkrvavitvijo, po možnosti prej kot v desetih sekundah. Poleg tega je električno omamljanje pri prašičih lahko povezano z nastankom BMV mesa (ob intenzivnem mišičnem krčenju se pojavi pospešena glikoliza in hiter padec pH vrednosti; Velarde in sod., 2000, 2001), še posebno, če omamljanje ni izvedeno pravilno (traja predolgo, neustrezna frekvenca in tok), oz. v kombinaciji s halotanskim genom (Casteels in sod., 1995). Channon in sod. (2002), ki so primerjali dve različni metodi električnega omamljanja (tok čez možgane in srce ter tok čez možgane) in omamljanje s CO₂, so npr. ugotovili, da je prva metoda povezana z povečanjem izceje mesnega soka, svetlo barvo mišičnine in hitrejšim padcem pH vrednosti.

Omamljanje s CO₂ poteka v posebnih komorah, kjer so prašiči izpostavljeni 80-90 % atmosferi CO₂, traja pa toliko časa, da nastopi nezavest (odvisno od teže živali). Po nastopu nezavesti je potrebna takojšnja izkrvavitve, saj se nekateri prašiči lahko tudi zbudijo (povratna metoda) (Raj, 2004). Za razliko od mehanskega, omamljanje s plini (CO₂) ne deluje vedno takoj, kar je vprašljivo z vidika dobrega počutja živali v začetni fazi izpostavljenosti plinu (Gregory, 1988). Zaradi kisle reakcije na dihalnih sluznicah se pojavi respiratorni distress, fizična aktivnost s poskusi pobega in agonija, ki pa ob pravilni nastavitvi koncentracije plina ne traja dalj kot nekaj sekund (Raj, 1999). S stališča zmanjševanja stresa je ugodneje, če lahko omamljamo po več živali hkrati, kar zmanjšuje vznemirjenje ob postopku. Metoda je bolj zanesljiva kot elektrifikacija (kjer obstaja možnost neustrezne namestitve elektrod), pojavnost zlomov in krvavitev kot posledice krčev ob omamljanju, pa je precej redka v primerjavi z električnim in mehanskim omamljanjem (Tarrant, 1989). Na splošno je omamljanje s CO₂ z vidika kakovosti klavnih trupov bolj ugodno kot ostale metode (nižja incidenca zlomov in mišičnih krvavitev), čeprav je bilo dokazano, da lahko višje koncentracije CO₂ (>40%) zavrejo razvoj *rigor mortis* in s tem tudi mehčanja mesa (Raj, 2004).

4.6 Izkrvavitve

Izkrvavitve se pri prašičih izvede z rezom čez glavne krvne žile (v. *cava cranialis* in obe karotidni arteriji v zgornjem delu prsnega koša) skozi spodnji del vratu v smeri kavdo-dorzalno). Smrt nastopi 3 do najkasneje 6 min. po rezu zaradi hipoksije možganov ob pomanjkanju krvi (Bolton, 2004; Gregory, 2004) odvisno od načina izkrvavitve in delovanja srca. Poznanih je več metod izkrvavitve, večinoma pa se uporabljata horizontalna in vertikalna. Za kakovost mesa je ugodnejša horizontalna izkrvavitve

zaradi manjše stopnje napenjanja mišic, kar zmanjša hitrost postmortalne zakislitve. Pri vertikalni izkrvavitvi pride pri obešanju za noge do večjega napenjanja tamkajšnjih mišic in posledično hitrejšega padca pH (Monin, 2004). V normalnih pogojih po izkrvavitvi ostane v telesu od 2 do 4 % krvi (odvisno od položaja živali med zakolom - ležeče/viseče; Vombergar in Arzenšek Pintar, 2008). Medtem ko naj ostanki krvi ob ustrezni higieni in hlajenju ne bi vplivali na mikrobiološko obstojnost mesa, pa je lahko slaba izkrvavitev povezana z vizualno nesprejemljivostjo klavnega trupa. Prepozna/zakasnela izkrvavitev lahko povzroči zastajanje in/ali strjevanje krvi v žilah. Zaostala kri obarva tkiva (mišice, maščobno tkivo), če pa se akumulira v podkožnih venah se odraža kot vidni preplet podkožnih žil (angl. »veining defect«). Če krvne žile popokajo (povečan pritisk krvi zaradi hkratnega delovanja srca in omejenega odtokanja), nastanejo okoli poškodovanega mesta dobro vidni spodlivi krvi (hematomi). Oboje se posebno intenzivno izrazi na ohlajenih klavnih trupih (Warris, 1984, Bolton, 2004). Pojavnost in resnost defekta je povezana še s povečano mesnatostjo klavnih trupov (Russo in sod., 2003a), podaljšanjem predklavnih postopkov, uporabe omamljanja s CO₂ (Lo Fiego in sod., 2003) in podaljšanjem časa od zakola do ohlajevanja trupov (Russo in sod., 2003a; Nanni Costa in sod., 2005). Oba defekta (i.e. »veining defect« in podkožni hematomi) sta zaradi svoje vizualne nesprejemljivosti lahko problematična pri odbiru surovine za proizvodnjo pršuta. V slovenskih razmerah več kot polovica stegen komercialnih pitancev ne izpolnjuje strogih meril konzorcija za kraški pršut, kar kaže na resen problem (Čandek-Potokar in sod., 2007). Omeniti velja, da v Italiji proizvajalci pršuta zavrnejo precej nižji delež (10%) stegen (Giberti in sod., 2005).

Zakonodaja (Zakon o zaščiti živali, Uredba (ES) št. 1099/2009)

Živalim je med usmrčitvijo in povezanimi postopki potrebno prihraniti vsakršno bolečino, vznemirjenje in trpljenje, ki se ga je mogoče izogniti. Pred zakolom se morajo živali na strokoven in predpisan način omamiti. Zakol brez strokovnega in predpisanega omamljanja živali pred zakolom je prepovedan. Za omamljanje prašičev (razen za kategorijo pujskov, kjer so dovoljene še druge) se lahko uporablja mehanske metode (strelna naprava s penetrirnim klinom, strelna naprava s prostim projektilom), električni tok (skozi možgane, skozi možgane in srce) in omamljanje s plinom (CO₂ v visoki koncentraciji - najmanj 80%; CO₂ mešan z inertnimi plini - do 40% CO₂, za navadno omamljanje prašičev, če izpostavljenost vsaj 30% CO₂ traja manj kot 7 minut; inertni plini, npr. argon ali dušik). Posebne zahteve pri posameznih metodah omamljanja so podrobneje opisane v poglavju II priloge I Uredbe (ES) št. 1099/2009. Zakol oziroma izkrvavitev mora biti izvedena na strokoven način takoj po omamljenju živali, nadaljnja obdelava zaklanih živali pa se ne sme začeti preden je žival popolnoma izkrvavela. Žival se lahko izjemoma zakolje brez omamljanja in sicer če gre za zakol v sili ali obstaja druga nevarnost pogina živali ali za zakol iz drugih zdravstvenih razlogov ali pa, če upravni organ, pristojen za veterinarstvo, izjemoma dovoli obredni zakol (košer, halal). Zelo poškodovane ali neozdravljivo bolne živali morajo biti zaklane ali usmrčene takoj na kraju samem. Za take živali lahko veterinar izjemoma dovoli prevoz do klavnice, če ugotovi, da prevoz ne bo povzročil nadaljnjega trpljenja živali. Vse poškodovane ali bolne živali, ki so bile prepeljane v klavnico, morajo biti takoj po veterinarskem pregledu zaklane ali usmrčene. V klavnici morata biti zagotovljena zaščita živali, namenjenih za zakol, in preprečevanje vsakega razburjenja in trpljenja živali, ki se jim je mogoče izogniti. Odprema živali v klavnico in njihov počitek do zakola, oskrba živali do zakola, gonjenje živali od mesta razkladanja do hleva oziroma prostora za klanje živali, omamljanje in zakol živali morajo biti v skladu s predpisanimi pogoji (natančneje v prilogi II Uredbe (ES) št. 1099/2009).

5 Postopki obdelave klavnega trupa po zakolu

5.1 Odstranjevanje dlake

Večinoma se prašičev v industrijskih klavnicah ne odira, bolj pogost postopek je t.i. garanje. Trupe za krajši čas potopijo v vročo vodo oz. v parno komoro, visoka

temperatura (60-65 °C) povzroči denaturacijo proteinov v dlačnih mešičkih in epidermisu ter omogoča odstranjevanje dlake in povrhnjice kože z mehanskimi postopki. Trajanje in temperaturo obdelave je potrebno prilagajati glede na velikost, starost in odlakanost prašičev (tudi sezonski vplivi) (Bolton, 2004). Medtem ko nezadostna obdelava povzroča probleme pri mehanskem odstranjevanju dlak, je predolgo kuhanje/oz. previsoka temperatura povezana s poškodbami kože s strani strojev za odstranjevanje dlake (raztrganine). Sledi še (ročno) odstranjevanje roževine parkljev, ožiganje trupa (preostale dlake), »krtačenje« trupa in pranje z vodo (Monin, 2004). Tudi omenjeni postopki lahko, če so izvedeni nepravilno, povzročijo poškodbe površine kože, ki potem ni primerna za predelavo v sušene izdelke. Tudi sama metoda (t.j. garanje) doprinese k pojavnosti slabše kvalitete mesa (za primerjavo - pri odratih prašičih je ugotovljena boljša sposobnost za zadrževanje vode in barva (Ockerman in Basu, 2004).

5.2 Evisceracija in obdelava klavnih polovic

Med postopkom se obreže in zaščiti rektum (plastična vrečka prepreči izlitje vsebine črevesja), odstranijo se spolni organi, z rezom čez trebuh in prsnico osvobodi in odstrani trebušne in prsne organe ter nazadnje vzdolžno razpolovi trup na dva dela. Evisceracija mora biti izvedena najpozneje 45 minut po omamljanju. Trup in notranje organe veterinarsko pregledajo. Pred končno klasifikacijo klavnega trupa sledi še odstranitev trebušne maščobe, prepone, hrbtnjače, možganov, ledvic in jezika (Bolton, 2004).

5.3 Hlajenje

Hlajenje klavnih trupov je pomembno tako s stališča higiene in varnosti živil kot tudi s stališča kakovosti mesa. Primarni cilj hlajenja je znižati temperaturo pod mejo, ki dopušča razmnoževanje bakterij. Uporabljajo se različni sistemi hlajenja, od konvencionalnega počasnega do večstopenjskega hitrega hlajenja in t.i. šok hlajenja (Ockerman in Basu, 2004; Vombergar in Arzenšek Pintar, 2008).

Temperatura trupa takoj po zakolu zaradi prekinitve cirkulacije ob intenzivnih glikolitičnih procesih lahko celo nekoliko naraste (Brewer, 2004). Pri prašičih lahko hlajenje trupa tudi odločilno vpliva na kakovost mesa, najvidnejši problem je nastanek mesa BMV kakovosti. Pojav nastane zaradi denaturacije proteinov ob hitrem postmortalnem padcu pH vrednosti (anaerobna glikoliza) in je povezan tudi s temperaturo mesa. Hitro hlajenje po zakolu zavira hitrost glikolitičnih procesov in s tem zmanjšuje pojavnost mesa BMV. Dovolj hitro hlajenje klavnih trupov prašičev (npr. uporaba t.i. šok hlajenja, -32° za 100 min) zmanjša hitrost padca pH vrednosti ter s tem izcejo mesnega soka in izgube pri termični obdelavi brez vpliva na trdoto mesa, čeprav tudi hitro hlajenje ni sposobno preprečiti razvoja BMV pri trupih z izredno hitro zakislitvijo mišic (npr. pri prašičih s halotansko mutacijo) (Monin, 2004). Problem nezadostnega hlajenja in s tem povečevanja izceje lahko postane evidenten predvsem pri težkih in bolj zamaščenih prašičih (ki se npr. uporabljajo v proizvodnji visoko kvalitetnih sušenih mesnin), saj se njihovi trupi (predvsem gre tu za notranje mišice trupa in stegna) zaradi velikosti ohlajajo precej počasi. Ohlajevanje trupa/mesa je možno pospešiti tudi z odstranjevanjem sloja podkožne maščobe in/ali toplim razsekom/izkoščevanjem (Van Lack in Smulders, 1989).

Tudi prehitro hlajenje ne vpliva dobro na kakovost mesa, še posebno, če je padec pH vrednosti prepočasen. Tako imenovana hladilniška trdota (ang. »cold

shortening/toughening«), nastane v primeru, ko temperatura mesa pade pod 10°C preden se pH zniža pod 6 ob prisotnosti ATP (Monin, 2004). Pri tem pojavu pride do nepovratnega krčenja mišičnih vlaken in posledično povečanja trdote mesa, ki je ne zmečča niti dolgotrajno zorjenje (Honikel, 1987; 1983). Čeprav hladilniška trdota pri prašičih zaradi relativno hitre acidifikacije v mišicah ni pogosta, pa se lahko pojavlja pri določenih lažjih kategorijah oz. pri trupih z nizko zamaščenostjo.

6 Priporočila

Ustrezno ravnanje z živalmi je velikega pomena tako za dobro počutje kot za ustrezno kakovost mesa, kjer se je potrebno izogniti poškodbam tkiv, kože ter neustrezni kakovosti mesa (TČS, BMV). Glavni cilj je zmanjšanje stresa pri transportu in zakolu, kar dosežemo s striktnim upoštevanjem tako zakonskih predpisov kot tudi fizioloških potreb živali. Prilagoditi je treba dolžino transporta (čim krajši čas, čim bližja klavnica), pomembna je ustrezna opremljenost prevoznih sredstev. Prav tako je važno zagotoviti predpisan počitek, vodo ter krmo, po drugi strani pa ustrezno dolžino posta pred zakolom. S stališča preprečitve agresivnega obnašanja je treba preprečiti mešanje neznanih živali kadarkoli med transportom. Sam proces zakola (omamljanje, izkrvavitve) mora biti prilagojen karakteristikam živali (starost, teža, kategorija), prav tako obdelava klavnega trupa (garanje, obdelava klavne polovice, ustrezno hitro hlajenje) po zakolu.

Viri

- Adzitey F, 2011. Effect of pre-slaughter handling on carcass and meat quality. *Int. Food Res. J.* 18: 485-491.
- Barton-Gade P, Christensen L, 1998. Effect of different stocking densities during transport on welfare and meat quality in Danish slaughter pigs. *Meat Sci.* 48: 237-247.
- Barton Gade P, 2004. Pre-slaughter handling. In *Encyclopedia of meat sciences* (ed. WK Jensen, C Devine and M Dikeman), Elsevier Academic Press, Oxford, UK, pp. 1012-1020.
- Bolhuis JE, Schouten WGP, Schrama JW, Wiegant VM, 2005. Individual coping characteristics, aggressiveness and fighting strategies in pigs. *Anim. Behav.* 69: 1085-1091.
- Bolton DJ, 2004. Slaughter line operation/Pigs. In *Encyclopedia of meat sciences* (ed. WK Jensen, C Devine and M Dikeman), Elsevier Academic Press, Oxford, UK, pp. 1234-1249.
- Brown SN, Knowles TG, Mckinstry JL, Edwards JE, Anil MH, Warris PD, 1993. Patterns of response of some physiological indices of stress in pigs negotiating loading ramps. *Anim. Prod.* 56: 439-439
- Casteels M, Van Oeckel MJ, Boschaerts L, Spincemaille G, Bocqué ChV, 1995. The relationship between carcass, meat and eating quality of three pig genotypes. *Meat Sci.* 40: 253-269.
- Channon HA, Payne AM, Warner RD, 2002. Comparison of CO₂ stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pigs on carcass and meat quality. *Meat Sci.* 60: 63-68.
- Čandek-Potokar M, Škrlep M, Šegula B, Kaltnekar T, Bizjak K, Santé-Lhoutellier V, 2007. Vzroki za izločitve pri odbiri stegen za Kraški pršut v primeru slovenske surovine. *Reja prašičev* 9: 16-17.
- Eikelenboom G, Bolink AH, 1991. The effects of feedstuff composition, sex and day of slaughter on pork quality. *Proc. 37th Int. Congr. Meat Sci. and Tech.*, Kulmbach, Germany, pp. 233-236.
- Faucitano L, 1998. Preslaughter stressors effects on pork: a review. *J. Muscle Foods* 9: 293-303.
- Fernandez X, Meunier-Salaun MC, Ecolan P, Mormede P, 1995. Interactive effect of food deprivation and agonistic behaviour on blood parameters and muscle glycogen in pigs. *Physiol. Behav.* 58: 337-345.

- Giberti M, Apicella M, Druetta P, Sapino R, Gambino F, Guarda F, 2005. Indagine al macello sui difetti delle cosce di suino quale motivo di esclusione dalla produzione di prosciutti crudi DOP. 31st Meeting Annuale della Società Italiana di Patologia ed Allevamento dei Suini, Mantova, Italy, 5pp.
- Gispert M, Guardia MD, Oliver MA, Diestre A, 1996. Mortality rates during transport and lairage in pigs of slaughter. *Meat Focus Int.* 10: 362-365.
- Gregory NG, 2004. Exsanguination. In *Encyclopedia of meat sciences* (ed. WK Jensen, C Devine and M Dikeman), Elsevier Academic Press, Oxford, UK, pp. 458-460.
- Gregory NG, 1988. Workshop on stunning of livestock. *Proc. Of the 34th Int. Cong. Of Meat Sci and Techn.* Brisbane, Australia, pp. 55-58.
- Griot B, Boulard J, Chevillon P, Kerisit R, 2000. Reduire les points de sang dans la viande de porc: des restrainers a bande pour le bien-etre et la qualite de la viande. *Viand. Prod. Carn.* 21: 91-97.
- Guardia MD, Estany J, Balasch S, Oliver MA, Gispert M, Diestre A, 2009. Risk assessment of skin damage due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs. *Meat Sci.* 81: 745-751.
- Honikel KO, 1987. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs.* (ed. P Tarrant, G Eikelenboom and G Monin). Martinus Nijhoff Dordrecht, pp. 273-283.
- Honikel KO, Roncales P Hamm R, 1983. The influence of temperature on shortening and rigor onset in beef muscle. *Meat Sci.* 8: 221-241.
- Kirbiš A, Križman M, Raspor Lainšček P, 2013. Veterinarsko-sanitarni nadzor klavnih živali in mesa. Veterinarska fakulteta, Ljubljana
- Lamblooij E, 2004. Stunning/Electrical. In *Encyclopedia of meat sciences* (ed. WK Jensen, C Devine and M Dikeman), Elsevier Academic Press, Oxford, UK, pp. 1342-1348
- Lawrie RA, Ledward DA, 2006. *Lawrie's meat science*, Sixth edition, Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, UK, pp. 96-98.
- Lo Fiego DP, Comellini M, Ielo MC, Tassone F, Volpeli LA, 2009. Effect of stunning voltage and scalding method on the incidence of the "red skin" defects of Parma ham. *Veterinary Research Communications* 33(suppl. 1): S285-S288.
- Lo Fiego DP, Nanni Costa L, Tassone F, Russo V, 2003. Effect of different stunning methods of pigs on subcutaneous veining defect and meat quality of raw ham. *It. J. Anim. Sci.* 2(suppl. 1): 370-372.
- Milan D, Jeon JT, Looft C, Amarger V, Robic A, Thelander M, Rogel-Gaillard C, Paul S, Iannuccelli N, Rask L, Ronne H, Lundström K, Reinsch N, Gellin J, Kalm E, Roy PL, Chardon P, Andersson L, 2000. A mutation in PRKAG3 associated with excess glycogen content in pig skeletal muscle. *Science*, 288(5469): 1248-1251.
- Monin G, 2004a. Conversion of muscle to meat/Colour and texture deviations. In *Encyclopedia of meat sciences* (ed. WK Jensen, C Devine and M Dikeman), pp. 323-330.
- Monin G, 2004b. Conversion of muscle to meat/ Slaughter-line operation and pigmeat quality. In *Encyclopedia of meat sciences* (ed. WK Jensen, C Devine and M Dikeman), pp. 338-342.
- Nanni Costa L, Lo Fiego DP, Dall' Olio S, Davoli R, Russo V, 1999. Influence of loading method and stocking density during transport on meat and dry-cured ham quality in pigs with different halothane genotypes. *Meat Sci.* 51: 391-399.
- Nanni Costa L, Lo Fiego DP, de Grossi IA, Russo V, 2002. Combined effects of pre-slaughter treatments and lairage time on carcass and meat quality in pigs of different halothane genotype. *Meat Sci.* 61: 41-47.
- Nanni Costa L, Lo Fiego DP, Tassone F, Russo V, 2005. Effect of resting time of pigs and pre-chilling time of thighs on the veining defects of Parma dry-cured hams. *Veterinary Research and Communications* 29(suppl. 2): 375-377.
- Nanni Costa L, Tassone F, Comellini M, Ielo MC, Lo Fiego DP, Russo V, 2008. Effect of the slaughterhouse on the incidence of defects in raw pig ham destined to the dry-curing process. *Veterinary Research Communications* 32(suppl. 1): S351-S353.
- Nielsen NJ, 1982. In: *transport of animals intended for breeding, production and slaughter.* (ed. R.Moss). Martinus Nijhoff, den Haag, Netherlands, pp 115-124.

- Ockerman HV, Basu L, 2004. Carcass chilling and boning. In Encyclopedia of meat sciences (ed. WK Jensen, C Devine and M Dikeman), Elsevier Academic Press, Oxford, UK, pp. 144-149
- Odločba komisije 2005/879/ES z dne 8. decembra o odobritvi metod za razvrščanje prašičjih trupov v Sloveniji. UL L 324, 10.12.2005 spremenjena z odločbo komisije 2008/167/ES z dne 18. februarja 2008, UL L 56, 29.2.2008, str. 28.
- Oliver MA, Coll C, Faucitano L, Gispert M, Diestre A, 1996. The effect of ante mortem treatment on blood parameters and carcass damage and its relationship with pig meat quality. Proc. 42nd Int. Congr. Meat Sci. and Tech., Lillehammer, Norway. pp. 35-37.
- Pravilnik o zaščiti živali med prevozom. UL RS 62/2009.
- Pravilnik o označevanju živali, veterinarskem spričevalu in napotnici, izjavi o prehranski varnosti, povratni informaciji ter izjavi prevoznika. UL RS, št. 136/06.
- Pravilnik o razvrščanju prašičjih trupov. UL RS 50/2006.
- Raj ABM, 1999. Behaviour of pigs exposed to mixtures of gases and the time required to kill them: welfare implications. The Veterinary Record, 144: 165-168.
- Raj ABM, 2004. Stunning/CO₂ and other gases. In Encyclopedia of meat sciences (ed. WK Jensen, C Devine and M Dikeman), Elsevier Academic Press, Oxford, UK, pp. 1348-1353.
- Sellier P, Monin G, 1994. Genetics of pig meat quality: a review. J. Muscle Foods, 5(2): 187-219.
- Shaw FD, 2004. Stunning/Mechanical. In Encyclopedia of meat sciences (ed. WK Jensen, C Devine and M Dikeman), Elsevier Academic Press, Oxford, UK, pp. 1336-1342.
- Shaw FD, Tume RK, 1992. The assessment of pre-slaughter and slaughter treatments of livestock by measurement of plasma constituents - a review of recent work. Meat Sci. 32: 311-329.
- Phillips RA, Thompson BK, Fraser D, 1988. Preference tests of ramp design for young pigs. Can. J. Anim. Sci., 68: 41-48.
- Roseiro LC, Fraqueza MJ, Almeida J, Matias E, Santos C, Sardinha L, 1996. Influence of lairage temperature and time on postural attitude in pigs. Proc. 42. Int. Congr. Meat.Sci. and Tech., Lillehammer, Norway, pp 442-443.
- Russo V, Lo Fiego DP, Nanni Costa L, Tassone F, 2003a. Indagine sul deffetto di venatura delle cosce di suino destinate alla produzione del prosciutto di Parma. Suinocultura 44: 77-82.
- Šegula B, Škrlep M, Čandek-Potokar M, 2007. Vzroki izločitev prašičjih stegen, namenjenih za kraški pršut. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije, zgbanka, 6 str.
- Škrlep M, Batorek N, Šegula B, Kubale V, Fazarinc G, Čandek-Potokar M, 2011. Incidenca kožnih poškodb na klavnih trupih prašičev: Primerjava merjascev, imunokastratov in kirurških kastratov. Slov.Vet.Res. 48 (Suppl. 3): 203-206.
- Tarrant PV, 1989. The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs a review. Irish J. Food Sci. Techn. 13: 79-107.
- Turner SP, Franworth MJ, White IMS, Brotherstone S, Mendl M, Knap P, Penny P, Lawrence AB, 2006. The accumulation of skin lesions and their use as a predictor of individual aggressiveness in pigs. Appl. Anim. Behav. Sci. 96: 245-259.
- Uredba sveta (ES) št. 1/2005 z dne 22. decembra 2004 o zaščiti živali med prevozom in postopki, povezani z njim, in o spremembi Direktiv 64/432/EGS in 93/119/ES ter Uredbe (ES) 1255/97. Uradni list Evropske unije, L 3/1-44.
- Uredba Sveta (ES) št. 1099/2009 z dne 24. septembra 2009 o zaščiti živali pri usmrtni. UL L 303, 18.11.2009, str. 1-30.
- Uredba (ES) št. 852/2004 z dne 29. aprila 2004 o higieni živil. UL L 139, 30.4.2004, str. 1-54.
- Uredba (ES) št. 853/2004 z dne 29. aprila 2004 o posebnih higienskih pravilih za živila živalskega izvora. UL L 139, 30.4.2004, str. 55-205.
- Uredba (ES) št. 854/2004 z dne 29. aprila 2004 o določitvah posebnih predpisov za organizacijo uradnega nadzora proizvodov živalskega izvora, namenjenih za prehrano ljudi. UL L 139, 30.4.2004, str. 206-320.
- Uredba (ES) št. 882/2004 z dne 29. aprila 2004 o izvajanju uradnega nadzora, da se zagotovi preverjanje skladnosti z zakonodajo o krmi in živilih ter s pravili o zdravstvenem varstvu in zaščiti živali. UL L 165, 30.4.2004, str. 1-141.
- Van Lack RLJM, Smulders FJM, 1989, Quality of »semi hot« and cold boned, vacuum-packaged fresh pork as affected by delayed or immediate chilling. J. Food Protect. 59(9): 650-654.

- Van Putten P, 1982. Handling of slaughter pigs prior to loading and during loading on a lorry. In Transport of Animals Intended for Breeding, Production and Slaughter (ed R Moss). Martinus Nijhoff Publ., den Haag, Netherlands, pp 15-27.
- Velarde A, Gispert M, Faucitano L, Manteca X, Diestre A, 2000. The effect of stunning method on the incidence of PSE and haemorrhages in pork carcasses. *Meat Sci.* 55: 832-836.
- Velarde A, Gispert M, Faucitano L, Alonso P, Manteca X, Diestre A, 2001. Effects of the stunning procedure and the halothane genotype on meat quality and incidence of haemorrhages in pigs. *Meat Sci.* 58: 313-319.
- von Borell E, Baumgartner J, Giershing M, Jäggin N, Prunier A, Tuytens FAM, Edwards SA, 2009. Animal welfare implications of surgical castration and its alternatives in pigs. *Animal* 3: 1488-1496.
- Warris PD, 1996. The consequences of fighting between mixed groups of unfamiliar pigs before slaughter. *Meat Focus International* 5: 89-92.
- Zakon o zaščiti živali, 2007. Uradni list RS, št. 43/2007 z dne 18. 5. 2007.

Poglavje 6

Alternative kastraciji pujskov pri pitanju na večjo težo

Nina Batorek Lukač¹
Martin Škrlep¹
Urška Tomažin¹
Maja Prevolnik Povše²
Marjeta Čandek-Potokar^{1,2}

Povzetek. Zaradi poseganja v dobrobit živali in nasprotovanja javnosti se v EU podpira prostovoljno ukinitvev kirurške kastracije prašičev do leta 2018, obenem pa se izvajajo intenzivne raziskave možnih alternativ. Pričujoča publikacija predstavlja alternativne metod kirurški kastraciji pujskov brez uporabe anestezije ali analgezije - njihove načine delovanja, pozitivne in negativne vidike njihove uporabe oz. aplikacije ter primernost za posamezne namene reje prašičev. Po trenutnih indicih so najbolj obetavne alternative imunokastracija, kirurška kastracija z uporabo analgezije ali anestezije, reja merjascev, genetska selekcija na zmanjšan vonj po merjascu ter sortiranje semena ter posledično reja izključno ženskih živali. Slednji dve metodi sta dolgoročnejši, trajnostni in naklonjeni dobremu počutju živali, preostali trije pristopi pa so primerni za neposredno/takojšnjo uvedbo v prakso. Kot kaže, da se bo za trg svežega mesa uveljavila reja merjascev, imunokastracija in kirurška kastracija z uporabo analgezije ali anestezije pa ostajata dobri alternativivi v primeru pitanja do večje teže, predvsem v smislu zagotavljanja kakovosti in primernosti mesa za predelavo v produkte posebne kakovosti.

1 Uvod

Kastracija je kirurški postopek, ki se že stoletja izvaja pri prašičih moškega spola. Gre za fizično odstranitev mod in obmodka iz skrotalne mošnje v prvih dneh življenja brez uporabe anestezije ali analgezije (Direktiva Sveta, 2008). Postopek se izvaja z namenom preprečevanja pojava spolnega vonja ter spolnega vedenja merjascev v skupinski reji (EFSA, 2004). Slabosti kirurške kastracije so slabša konverzija krme in povečano nalaganje maščobnega tkiva, okužbe, povezane s kastracijsko rano ter bolečina, povezana s postopkom. V Evropski uniji se v konvencionalni prireji kastrira 80 do 100% prašičev moškega spola (z izjemo Irske, kjer prašičev ne kastrirajo, Velike Britanije 2,1%, Portugalske 11,2%, Španije 33,3%, Cipra 39% in Grčije 75,6%), od tega 97% brez uporabe anestezije (EFSA, 2004). Kljub izjemno razširjeni uporabi je ta oblika kastracije v zadnjem času deležna negativnega odziva javnosti, ker je poseg za pujske boleč

¹ Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana

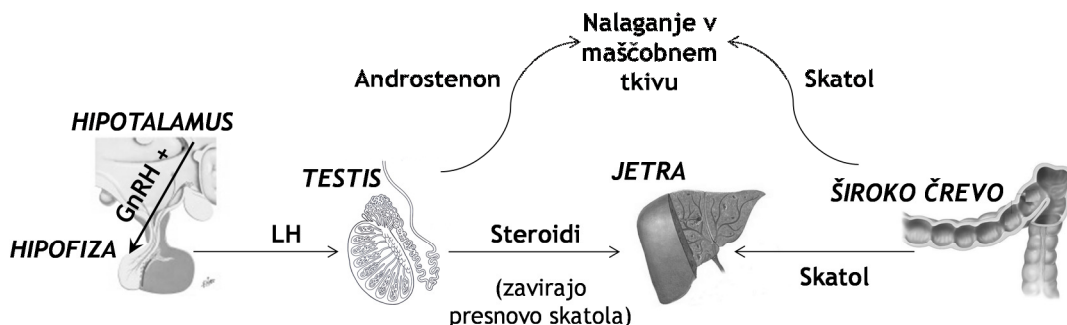
² Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče

* nina.batorek@kis.si (Nina Batorek Lukač)

(McGlone in sod., 1993; Prunier in sod., 2006). Prostovoljno iniciativo ukinitve kastracije do leta 2018 podpira tudi Evropska komisija, med drugim s podporo raziskav alternativnih metod - njihovih prednosti, slabosti ter primernosti za posamezne namene reje prašičev, ki jih predstavljamo v pričujoči publikaciji.

2 Spolni vonj ali vonj po merjascu

Vonj po merjascu se nanaša na neprijeten vonj ali okus, ki ga zaznamo med kuhanjem ali zauživanjem mesa in mesnih proizvodov nekaterih spolno zrelih merjascev (Bonneau in sod., 1992). Najpomembnejši kemijski komponenti spolnega vonja sta androstenon (Patterson, 1968) in skatol (Vold, 1970; Walstra in Maarse, 1970). Androstenon je anabolični steroid, brez androgenega učinka (Claus, 1970) z izrazitim vonjem po urinu. Nastaja v Leydigovih celicah testisov spolno zrelih prašičev (Gower, 1972). Zaradi lipofilnega značaja se v maščobnem tkivu kopiči v bistveno večjih količinah kot drugi spolni hormoni (Pearce in sod., 1988). Del androstenona je shranjen tudi v žlezah slinavkah, vezan na specifičen vezavni protein feromaksein (Booth in White, 1988). Ko se sprosti v slino, deluje kot feromon, ki spodbuja spolno vedenje pri svinjah (Pearce in sod., 1988). V zelo majhnih količinah je bil zaznan tudi v krvni plazmi samic in kastratov, kar kaže na to, da se verjetno sintetizira tudi v skorji nadledvične žleze in jajčnikih (Claus in sod., 1971). Skatol je stranski produkt bakterijske razgradnje aminokislina L-triptofana v širokem črevesju prašičev in ima vonj po fekalijah (Weiler in sod., 2000). Pri prašičih nima nobene znane biološke funkcije. Količina proizvedenega skatola je v največji meri odvisna od razpoložljivosti triptofana, ki v glavnem izvira iz odmrlih celic črevesne sluznice (Claus in sod., 1994; Claus in Raab, 1999) in aktivnosti črevesnih bakterij (Jensen in sod. 1995). Skatol se delno izloči z blatom, delno pa se absorbira skozi črevesno steno, od koder prehaja v krvni obtok. Presnovo in razgradnjo skatola v jetrih zavirajo steroidni hormoni vključno z androstenonom (Slika 1; Doran in sod., 2002). Zaradi lipofilne narave se tudi skatol kopiči v maščobnem tkivu.



Slika 1: Shema povezav pri tvorbi in nalaganju adrostenona ter skatola

3 Alternative kirurški kastraciji pujskov

Alternative kirurški kastraciji, način delovanja ter pozitivni in negativni vidiki njihove uporabe/aplikacije so povzeti v preglednici 1. Po trenutnih indicijah so najbolj obetavne alternative imunokastracija, kirurška kastracija z uporabo analgezije ali anestezije, reja

merjascev, genetska selekcija na zmanjšan vonj po merjascu ter sortiranje semena ter posledična reja izključno ženskih živali. Slednji dve metodi sta dolgoročnejši, trajnostni in naklonjeni dobremu počutju živali, preostali trije pristopi pa so primerni za neposredno/takojšnjo uvedbo v prakso (EFSA, 2004). V preglednici 1 so sicer omenjene še nekatere druge alternativne metode, vendar se niso izkazale kot praktično uporabne. Najenostavnejši način nevtralizacije moške plodnosti je aplikacija kemijskih substanc, kot so formaldehid, cink ali srebrova sol, očetna kislina in še nekatere. Z njimi povzročimo lokalno uničenje tkiva mod. Čeprav je metoda poceni in preprosta za izvedbo, pa uporaba naštetih snovi povzroči vnetne reakcije, katere posledica so otekline, nekroze in bolečine (Fahim, 1994; EFSA, 2004), kar je nesprejemljivo s stališča dobrega počutja živali. Tudi uporaba endogenih hormonov (GnRH agonisti ali antagonist) za nevtralizacijo GnRH ne predstavlja ustrezne alternative kirurški kastraciji, saj je v EU hormonska terapija strogo omejena na medicinske namene, predvsem za zdravljenje plodnostnih motenj (Stephany, 2001).

3.1 Kirurška kastracija z omejitvijo bolečine

Kastracija z omejitvijo bolečine se od široko uporabljenega ustaljenega kirurškega postopka odstranitve mod z nadmodki razlikuje le v tem, da se pri njej dodatno uporabljajo farmakološka sredstva za preprečevanje ali lajšanje bolečine. Uporaba analgezije/anestezije je ugodna s stališča izboljševanja dobrega počutja pujskov, vendar pa rejo podraži (strošek uporabljenega farmakološkega sredstva in veterinarske usluge; de Roest in sod., 2009). Obstajajo številne možnosti za zmanjšanje in preprečevanje bolečin ob kastraciji. V splošnem jih delimo na tiste z lokalno in tiste s splošno anestezijo ter analgezijo. Vse zahtevajo dodatno rokovanje s pujski, kar povzroča še dodaten stres in precej podaljša čas izvedbe kastracije (EFSA, 2004). Pri izbiri sredstva je pomembno, da sredstvo učinkovito zmanjša oziroma odpravi bolečino, ne le nemir, nelagodje in stres, in da je odobreno za uporabo pri prašičih (v skladu z Uredbo Sveta št. 2377/90). Dosledno je potrebno upoštevati predpisan odmerek snovi, saj lahko toksično ali celo smrtno dozo hitro presežemo. Ključna omejitev za široko uporabo tovrstne kastracije v praksi je ta, da jo mora v večini primerov izvesti veterinar. Rejec lahko kastracijo opravlja tudi sam, a so možnosti v tem primeru precej omejene. Ustrezno registrirana sredstva, ki dajejo zadovoljive rezultate glede lajšanja bolečin in se lahko uporabljajo na kmetiji brez dodatne opreme, so redka. Mednje sodijo:

- uporaba pred- in postoperativne analgezije - intramuskularno apliciranje nesteroidnega protivnetnega zdravila (NSAID) ter
- uporaba kombinacije predoperativne analgezije in lokalne anestezije - intramuskularno apliciranje NSAID ter intratestikularno ali intrafunikularno apliciranje 1% lidokaina z adrenalinom.

Ostale možnosti imajo za rutinsko uporabo na kmetiji različne pomanjkljivosti kot npr. neustrezna globina anestezije pri uporabi pršila za nos (Axiak in sod., 2007) ali injekcije, nujna prisotnost veterinarja (Leeb in sod., 2008), posebna oprema za anesteziranje z vdihavanjem, neregistrirana sredstva (npr. izofluran ali sevofluran) za uporabo pri prašičih, majhna razlika med anestetičnim in smrtnim odmerkom ipd. (EFSA, 2004).

Preglednica 1: Povzetek alternativnih metod kirurški kastraciji z opisom načina delovanja ter njihovih prednosti in slabosti

Alternativa	Način delovanja	Prednosti	Slabosti	Vir	
Reja merjascev					
Odkrivanje vonja po merjascu	Usposobljeni ocenjevalci na liniji klanja	Test s kuhanjem	Odkrivanje smrdljivih trupov ne glede na izvor	Uporabno le za manjše število vzorcev, subjektivna metoda	Bundesanzeiger, 2007
	Usposobljeni ocenjevalci na liniji klanja	Ožiganje hrbtno slanine na klavnem trupu z razbeljenim železom	<i>On-line</i> metoda za odkrivanje vonja po merjascu	Možnost lažno pozitivnih ali lažno negativnih ocen, subjektivna metoda	Jarmoluk in sod., 1970
	Analiza skatola na liniji klanja	Spektrofotometrično določanje	Uspešna in relativno hitra metoda (180 vzorcev/h)	Ne zazna androstenona	Mortensen in Sorensen, 1984
	Elektronski nos	Kemijsko-elektronski senzorji, ki merijo androstenon in skatol	Meri obe substanci naenkrat, detekcija vseh smrdljivih trupov	Metoda še na eksperimentalnem nivoju, 16% lažno pozitivnih trupov	Annor-Frempong in sod., 1998; Ampuero in Bee, 2006
	Masna spektrometrija	Piroliza-masna spektrometrija	Visoke stopnje razvrščanja	Metoda še na eksperimentalnem nivoju	Ampuero in Bee, 2006
Nižja klavna teža	Zakol prašičev pri teži < 90kg	Zmanjša pojavnost smrdečih trupov, večja mesnatost, boljša konverzija krme	Potrebno dodatno zaznavanje na liniji klanja, lažji trupi manj donosni, meso manj primerno za predelavo v sušene izdelke	Zamaratskaia in sod., 2005a; Bonneau, 1987; Aldal in sod., 2005; Chen in sod., 2007	
Nadzor nad spolnim vonjem s prehrano ali pogoji reje	Sistem kontinuirane reje, prehrana, bogata z slabo prebavljivimi ogljikovimi hidrati, ohranjanje čistega okolja, temperatura v termonevtralni coni in maksimalna stopnja zračenja	Zmanjšan nivo skatola, brez negativnega učinka na rastnost	Brez vpliva na vsebnost androstenona	Hansen in sod., 1994; Jensen in sod., 1995; Rideout in sod., 2004; Zamaratskaia in sod., 2005b	

Preglednica 1 (nadaljevanje): Povzetek alternativnih metod kirurški kastraciji z opisom načina delovanja ter njihovih prednosti in slabosti

Blokada reproduktivne osi					
Ciljna molekula GnRH	Agonisti GnRH	Negativna povratna zveza agonista GnRH pri sintezi GnRH		Kratkotrajen vpliv, hormonska terapija je draga in v EU ni dovoljena	Reid in sod., 1996; Sinclair in sod., 2001
	Antagonisti GnRH	Stalna zasedenost receptorjev GnRH z antagonisti		Kratkotrajen vpliv, hormonska terapija draga in v EU ni dovoljena	Brüssov in sod.2001; Ziecik in sod.1989
	Pasivna imunizacija	Aplikacija anti-GnRH seruma	Imunizacijski vpliv v 24h	Kratkotrajen vpliv, potrebne velike količine antiseruma in pogosto ponavljanje postopka	Van der Lende in sod., 1993
	Aktivna imunizacija (imunokastracija)	2 cepljenji z GnRH analogom v razmiku vsaj 4 tednov, z revakvacijo 4-6 tednov pred zakolom, protitelesa Ig ki se po tem tvorijo, nevtralizirajo endogeni GnRH	Izkoriščanje ravnega potenciala merjasca do drugega cepljenja, učinkovito zmanjšanje vonja po merjascu, brez bolečin (razen ob cepljenju)	Uvajanje novih načinov gospodarjenja, skeptičnosti potrošnikov	Bonneau in sod., 1994; Dunshea in sod., 2001; Batorek in sod., 2012a
	Toksini z učinkom na GnRH	Nevtralizacija celic nosilk receptorjev za GnRH s pomočjo citotoksiov, ki se vežejo na GnRH	Enkratna aplikacija, učinkovito izničenje sinteze testosterona približno 20 tednov	Metoda še na eksperimentalnem nivoju, ni bila uporabljena na prašičih	Sabeur in sod., 2003; Harrison in sod., 2004
Ciljna molekula androstenon	Imunizacija proti 5 α -androstenonu	Protitelesa Ig, ki se tvorijo po vakcinaciji nevtralizirajo androstenon v obtoku	Zmanjšanje koncentracije androstenona maščobnem tkivu, ohranjene so prednosti moškega tipa ravnosti in sestave trupa	Metoda še na eksperimentalnem nivoju	Williamson in sod., 1985

Preglednica 1 (nadaljevanje): Povzetek alternativnih metod kirurški kastraciji z opisom načina delovanja ter njihovih prednosti in slabosti

Genetska selekcija					
Na nizke vsebnosti androstenona		Identifikacija genov, ki so odgovorni nizko proizvodnjo androstenona ali visoko stopnjo presnove androstenona in skatola ter odbira takšnih živali	Z vidika dobrega počutja živali najbolj ugodna metoda, ki ne zahteva kastracije niti detekcije vonja po merjascu na liniji klanja	Dolgoročna rešitev, še v fazi razvoja, trenutno se je tovrstna selekcija odrazila pri živalih s slabšo rastnostjo in kasnejšo spolno zrelostjo	Willeke in sod., 1987; Bonneau in sod., 1987; Willeke in sod., 1989; Sellier in sod., 2000; Moe in sod., 2007
Kirurška kastracija					
Z lokalno anestezijo		Intrafunikularna in/ali intratestikularna aplikacija lokalnega anestetika (pogosto lidokain z adrenalinom)	Zmanjša akutno bolečino in stres, povzročen s kastracijo	Ni ekonomskih prednosti, le dodatni stroški, potrebna veterinarska asistenca, bolečina ni odstranjena	EFSA, 2004; Prunier in sod., 2006; Fredriksen in Nafstad, 2006
S splošno anestezijo	Z brizgo	Intramuskularna aplikacija anestetika pred izvedbo kastracije	Zmanjša akutno bolečino	Dolgo obdobje okrevanja, 3-5% izgube, nezadostna globina anestezije, dodatni stroški, potrebna veterinarska asistenca	Lahrmann in sod., 2006; Leeb in sod., 2008; Zankl in sod., 2007
S splošno anestezijo	Z inhalacijo	Anestezija z izoufluranom z masko	Zmanjša bolečino	Draga, zamudna metoda, potrebna veterinarska asistenca, visoka smrtnost pujskov	Shulz, 2007; Kupper in sod., 2008
		Vdihovanje CO ₂	Hiter učinek kot tudi hitra obnovitev zavesti	Izpostavljenost CO ₂ averzivna do izgube zavesti, ozko območje med anestetično in letalno dozo	Svendsen in sod., 2005; Kluiwers-Poodt in sod., 2007
	Z nosnim pršilom	Uvedba anestetika (ketamin, azeperon in klimazolam) z nosnim pršilom	Učinek v 10 min, hitra obnovitev zavesti, zmanjšanje bolečine	Nezadostna globina anestezije, možnost predoziranja	Axiak in sod., 2007
Z analgezijo	Meloxicam / metamizol / ketoprofen	Aplikacija sredstva za lajšanje bolečin pred izvedbo kastracije	Učinkovito lajšanje bolečin	Dodatni stroški, potrebna veterinarska asistenca	Heinritzi in sod., 2006; Zöls in sod., 2006

Preglednica 1 (nadaljevanje): Povzetek alternativnih metod kirurški kastraciji z opisom načina delovanja ter njihovih prednosti in slabosti

Kemijska kastracija					
	Formaldehid, cink ali srebrova sol, očetna kislina	Lokalno uničenje tkiva mod	Enostavna za izvedbo, poceni, brez krvavitev	Boleča, vnetna reakcija	Fahim, 1994; Giri in sod., 2002
Sortiranje semena					
Tehnologija seksiranja semena		Selekcija semena na ženske spermije s pomočjo pretočne citometrije	Ženske živali ne proizvajajo spolnega vonja	Prepočasna za pridobivanje zadostne količine sperme za komercialno uporabo, zahteva intrauterino osemenitev, 85-95% uspešnost ločevnja; reja samic manj učinkovita, bolj zamaščeni trupi kot pri merjascih	Johnson in sod., 1989, 2000
Kit za seksiranje semena		Selektivna vezava ženskih spermijev na osnovi X kromosoma s pomočjo protiteles, filtracija in deaglutinacija ženskih spermijev	Hitrejša kot BSST, pridobivanje spermijev z X kromosomom (velik potencial za komercialno rabo)	Eksperimentalen nivo, gnezda s 70% ženskih živali	Ter Beek, 2007

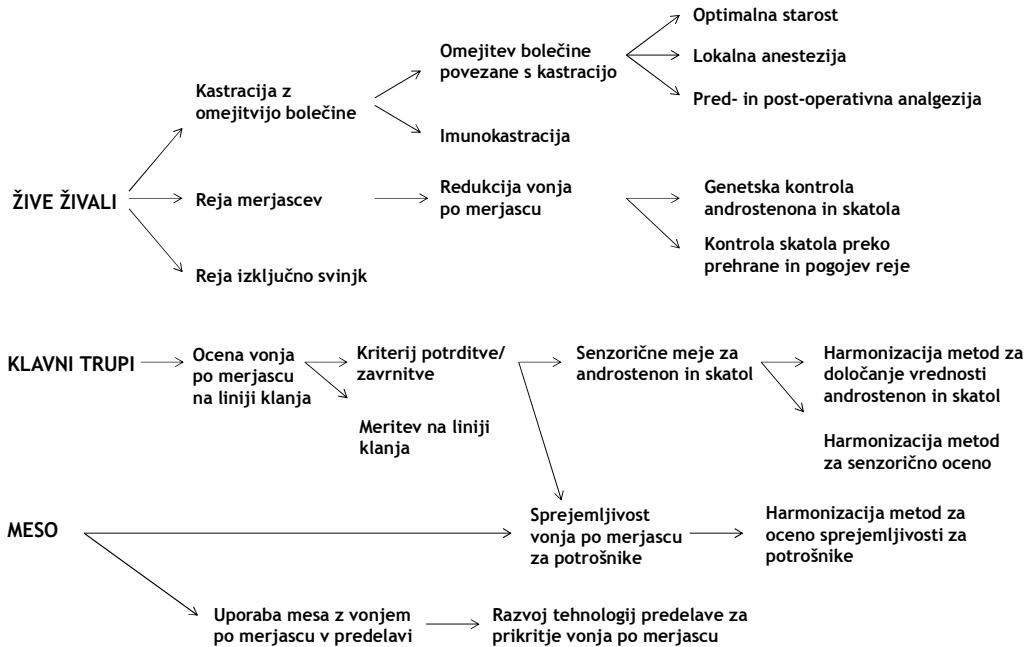
3.2 Reja merjascev

Reja merjascev oziroma nekastriranih moških živali je alternativa kirurški kastraciji, ki ima največ možnosti za uveljavitev. Zlasti v primeru reje prašičev za trg svežega mesa je tovrstna reja iz več razlogov učinkovitejša v primerjavi z rejo kastratov (Bonneau, 1998; Trefan in sod., 2013). Pri reji merjascev odpadejo stroški kastracije in izgube zaradi okužbe kastracijskih ran. Nekastrirane živali imajo boljšo konverzijo krme in boljšo mesnatost trupa (Bonneau, 1998). Plačilni sistemi v večini evropskih držav nagrajujejo mesnate (manj zamaščene) prašičje trupe, kar pod pogojem, da se klavni trupi ne razvrednotijo zaradi prisotnosti vonja po merjascu, pomeni dodatno prednost merjascev pred kirurškimi kastrati. Ekonomsko učinkovitost reje merjascev do določene mere znižuje dejstvo, da se živali koljejo pri manjših klavnih masah, kar ima za posledico večji obrat črede, večje stroške klanja in večjo potrebo po mladih pujskih. Obstaja tudi potreba po dodatni kontroli nad spolnim vonjem na liniji klanja. Z vidika dobrega počitja živali reja merjascev nima posebnih prednosti. Kljub odsotnosti bolečine zaradi kastracije, je reja za živali bolj stresna (in tudi zahtevnejša za rejca) zaradi povečane agresivnosti in spolnega vedenja ob nastopu spolne zrelosti; Prunier in sod., 2006). Ključni problem reje merjascev je možnost pojava vonja po merjascu v mesu in mesnih izdelkih, ki ga zavračajo mnogi potrošniki (Malmfors in Lundström, 1983; Weiler in sod., 2000).

Vonj po merjascu v glavnem povzročata androstenon in skatol. Ugotovljeno je bilo, da predvsem androstenon potrošniki zelo različno zaznavajo- od zaznavanja zelo nizkih koncentracij do anozmičnosti (Wysocki in Beauchamp, 1984). V splošnem je meja zaznave za androstenon 0,5-1,0 µg/g maščobnega tkiva, za skatol pa 0,20-0,25 µg/g maščobnega tkiva. V evropski populaciji merjascev, zaklanih pri komercialnih težah, je koncentracija androstenona presegla 0,5 (oz. 1,0) µg/g maščobnega tkiva pri 60 % (oz. 30 %) merjascev, vsebnost skatola pa je bila nad 0,20 (oz. 0,25) µg/g maščobnega tkiva pri 15 % (oz. 10 %) merjascev (Walstra in sod., 1999). Poleg variabilnosti v zaznavanju spolnega vonja s strani potrošnikov, obstaja tudi velika variabilnost v vsebnosti omenjenih substanc pri merjascih. Tako je pojav spolnega vonja odvisen od številnih dejavnikov, ki vplivajo na androstenon, skatol ali obe substanci skupaj. Vsebnost androstenona je v največji meri določena s starostjo in težo ob zakolu (vsebnost se močno poveča pri težah nad 85-95 kg mase trupa, kar sovпада s pojavom pubertete; Walstra in Garssen, 1995) in z genotipom oziroma genetsko zasnovo (razlike med pasmami, npr. visoka vsebnost pri pasmi durok, nizka pri pasmi pietren; Weiler in sod., 1995). Vsebnost skatola je pozitivno povezana z vsebnostjo androstenona ($r \approx 0,30$), sicer pa nanj vplivajo predvsem okoljski dejavniki kot so prehrana (več vlaknin in nizko prebavljivih ogljikovih hidratov zmanjšuje koncentracijo skatola), tehnologija reje, higiena, zdravstveno stanje, sezona (nižje koncentracije pri prašičih, zaklanih v zimskem času; Walstra in sod., 1999; Andersson in sod., 1995), kar je verjetno posledica višjih temperatur in s tem višje koncentracije skatola v okolju v poletnem času (Hansen in sod., 1993; Lundström in Malmfors, 1993). Koncentracije androstenona, in s tem tudi skatola, so pri merjascih povezane tudi z dolžino dneva (nižje koncentracije s podaljševanjem dneva; Claus, 1979, Keller in sod., 1997, Andersson in sod., 1995 in 1997, Walstra in Garssen, 1995), vendar je ta učinek zaradi umetnega osvetljevanja in relativno nizkih tež ob zakolu v komercialnih pogojih manj izrazit.

Pojav vonja po merjascu je pri običajnih komercialnih klavnih težah zelo variabilen, zaradi česar obstaja potreba po odkrivanju in razvrščanju trupov na klavni liniji glede na prisotnost spolnega vonja. Trenutno se v tovrstne namene na klavni liniji uporabljajo subjektivne metode, kot sta termični preizkus (kuhanje) in uporaba razbeljenega železa na izpostavljenem delu hrbtna slanina, ki jih izvede usposobljen preizkuševalec; (Bundesanzeiger, 2007; Jarmoluk in sod., 1970). Objektivne metode kot so elektronski nos, spektrofotometrija ali masna spektrometrija so trenutno še v fazi razvoja (Annor-Frempong in sod., 1998; Ampuero in Bee, 2006; Mortensen in Sornsen, 1984; Walstra in sod., 1999), tudi sicer pa je raziskovalno delo na tem področju zelo intenzivno. Poleg razvoja in harmonizacije metod zaznavanja spolnega vonja, pa v zadnjih letih poteka intenzivno preučevanje različnih strategij za preprečevanje ali zmanjševanje pojava vonja po merjascu (Slika 2). Strategije vključujejo uporabo različnih krmnih komponent (različni polisaharidi in dodatki; Albrecht, 2011; pregled v prilogi 1), zakol pri nižji teži (pred nastopom spolne zrelosti; Bonneau, 1987) in izboljšanje pogojev reje (čisto okolje, prezračevanje, temperatura v termoneutralnem območju; Salmon in Edwards, 2007; Hansen in sod., 1994; Andersson in sod., 2005).

Z vidika kakovosti mesa pri merjascih ni problematičen le vonj, temveč je zanje značilna tudi slabša kakovost mesa, ki se kaže kot večja trdota, manjša sposobnost za vezavo vode in manjša zamaščenost vključno z nižjo vsebnostjo intramuskularne maščobe (Babol in Squires, 1995; Pauly in sod., 2012; Trefan in sod., 2013). Pri merjascih je bil v primerjavi s kastrati ugotovljen tudi večji delež nenasičenih maščobnih kislin. Glede na omenjeno je meso merjascev manj primerno za predelavo v mesne izdelke posebne kakovosti (Diestre in sod., 1990; Bañón in sod., 2003a, Škrlep in sod., 2014a, b). Pri predelavi le-teh je namreč zaželena dovoljšnja mera zamaščenosti, ki preprečuje prekomerno izsuševanje in predstavlja prepreko za difuzijo soli. Poleg tega intramuskularna maščoba dodatno prispeva k razvoju arome in doprinese k ustrezni teksturi in sočnosti izdelka. Nasičenost maščob je važna s stališča oksidativne stabilnosti (večja pri bolj nasičenih). Pomembna je tudi sposobnost za vezavo vode. Visoka izceja je namreč povezana z večjimi izgubami teže med predelavo ter večjim navzemanjem soli, ki ima za posledico trd, preslan in suh izdelek (Russo in Nanni Costa, 1995). Za izdelavo kakovostih izdelkov je nadalje ključnega pomena pitanje na večjo težo, kar pomeni pri merjascih tudi večjo možnost pojava izrazitejšega spolnega vonja. Iz teh razlogov je zelo verjetno, da se reja merjascev za predelavo mesa v izdelke posebne kakovosti ne bo uveljavila. Na temo izdelave sušenih mesnih izdelkov posebne kakovosti (npr. pršuta) iz mesa merjascev je na voljo le malo literaturnih podatkov. Dostopne študije pa nakazujejo na razlike v fiziko-kemičnih lastnostih (višja vsebnost soli, nekoliko trši izdelki) nekoliko slabšo senzorično sprejemljivost (manjša sočnost, marmoriranost, prisotnost neprijetnih arom in vonjev) in večjih izgubah med predelavo (Diestre in sod., 1990; Bañón in sod., 2003a, b; Škrlep in sod., 2014a, b).



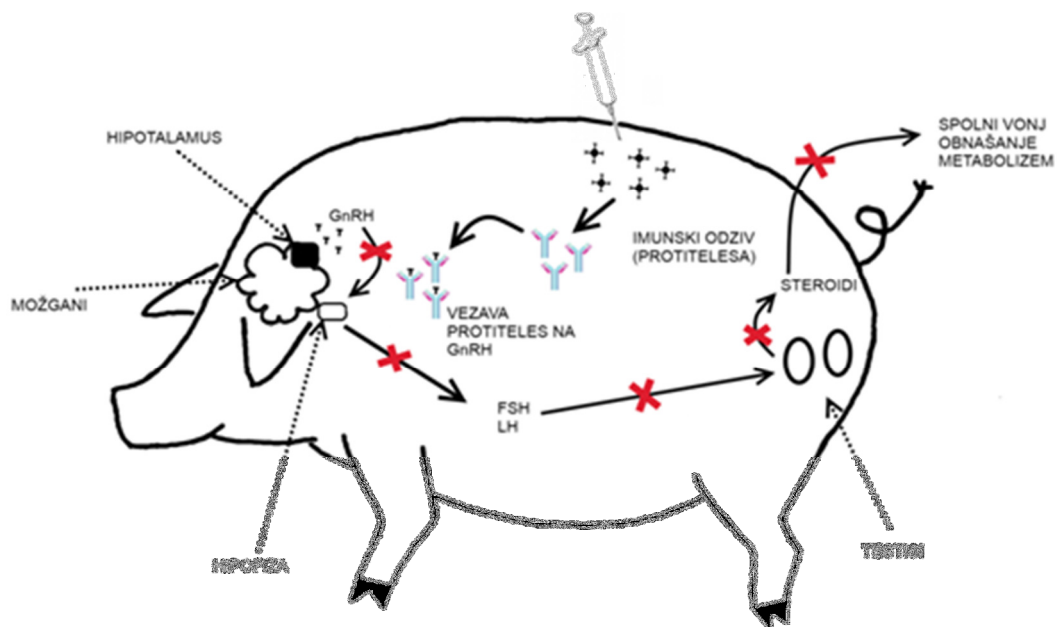
Slika 2: Strategije za preprečitev pojava vonja po merjascu

3.3 Imunokastracija

Imunokastracija temelji na cepljenju z vakcino proti gonadotropin sproščujočemu hormonu (GnRH) in izkorišča naravni imunski odziv živali za doseganje učinkov klasične kastracije. Reprodukcijsko aktivnost samcev namreč nadzira povezano delovanje verige treh glavnih endokrinih žlez: hipotalamusa, hipofize in testisov. Kot najvišji v verigi hipotalamus izloča GnRH, ki preko portalnega ožilja potuje v hipofizo in spodbuja sproščanje folikel stimulirajočega (FSH) in luteinizirajočega (LH) hormona, katerih ciljni organ so testisi. FSH pospešuje razvoj moških spolnih celic (spermatogenezo), LH pa stimulira izločanje steroidnih hormonov (androgenov, estrogenov in androstenov), ki so prav tako ključnega pomena za normalno reprodukcijsko funkcijo, hkrati pa vplivajo tudi na metabolizem, vedenje in razvoj spolnega vonja.

Cepivo samo ne vsebuje hormona, temveč njegov fiziološko neaktiven nadomestek, vezan na proteinski nosilec, ki sproži v telesu tvorbo protiteles proti lastnemu GnRH (Slika 3). Protitelesa nevtralizirajo omenjeni hormon in s tem prekinijo stimulacijo hipotalamo-hipofizno-gonadne (HHG) osi, posledično preprečijo tvorbo spolnih hormonov, povzročijo regresijo spolnih žlez ter spremembo v metabolizmu, kar v končni fazi vodi do sprememb v vedenju (manjša agresivnost, večji apetit in posledično večja konzumacija krme) in sestavi telesa (večje nalaganje maščob in hitrejša rast). Dodatni učinek prekinitve HHG osi je prekinitev tvorbe androstenona in s tem eliminacija spolnega vonja. Učinek imunokastracije je primerljiv kirurški kastraciji, kjer se z odstranitvijo testisov doseže podobne učinke. Za doseganje ustreznih rezultatov je cepivo potrebno aplicirati dvakrat z razmikom vsaj štirih tednov. Čeprav karenci ni predpisana, je drugo cepljenje priporočljivo izvesti vsaj 4-6 tednov pred zakolom, ko se

zagotovo izločijo substance spolnega vonja naložene v maščobnem tkivu (www.improvac.co.nz/sites/improvac/en-NZ/Pages/technicalinformation.aspx). Negativni aspekti imunokastracije so poleg monopolnega položaja proizvajalca in strahu pred negativnim odzivom javnosti, tudi nevarnosti avtoimunizacije, saj ima cepivo enak učinek tudi pri ljudeh (Batorek Lukač in sod., 2014).



Slika 3: Način delovanja imunokastracije

Imunokastracija združuje prednosti dveh alternativnih metod -reje merjascev in kastracije, preden prašiči dosežejo puberteto. Na ta način dosežemo izboljšano rastnost merjascev v večini rastnega in pitovnega obdobja, pri čemer pa z uporabo pozne imunokastracije preprečimo tveganje za pojav vonja po merjascu in agresije med prašiči. Glede na izsledke do sedaj opravljenih meta-analiz (Pauly in sod., 2012; Batorek in sod., 2012b; Trefan in sod., 2013) so se imunokastrati po kakovosti klavnega trupa (predvsem v zamaščenosti) izkazali kot intermediarni med kirurškimi kastrati (najbolj zamaščeni) in merjasci (najbolj mesnati). Njihova »pozicija« pa je odvisna tudi od obdobja, ki preteče med učinkovito imunizacijo in zakolom, daljše kot je le-to, bolj so živali podobne klasičnim kirurškim kastratom in vedno manj merjascem (Lealiifano in sod., 2011; Škrlep in sod., 2012). Glede lastnosti kakovosti mesa so se imunokastrati izkazali za popolnoma primerljive s kirurškimi kastrati in za boljše od merjascev, posebno glede vsebnosti in sestave intramuskularne maščobe (Pauly in sod., 2012; Trefan in sod., 2013) in primernosti za predelavo v pršut (Font-i-Furnols in sod., 2012). Tudi z vidika senzoričnih lastnosti se je meso imunokastratov izkazalo za popolnoma primerljivo mesu kirurških kastratov in mnogo boljše od mesa merjascev (Font-i-Furnols in sod., 2008; Gispert in sod., 2010). Zaradi večje vsebnosti intramuskularne maščobe je meso imunokastratov tudi mehkejše in bolj sočno (Font-i-Furnols in sod., 2008).

3.3 Sortiranje semena

Alternativa kirurški kastraciji je tudi reja izključno ženskih živali, ki predhodno zahteva sortiranje (seksiranje) semena. Potencialno učinkovita pristopa za namene seksiranja semena sta ločevanje spermijev s kromosomi X od spermijev s kromosomi Y (*high volume sperm sexing technology*; Ter Beek, 2007) in ločevanje na podlagi razlike v električnem naboju (*flow-cytometer/cell sorter system*; Johnson in sod., 1989). Omenjeni metodi za enkrat še nista tehnološko dodelani in sta trenutno neprimerni za komercialno uporabo v prašičereji (Hofmo, 2006). V primerjavi s semenom drugih domačih živali je seme merjascev precej občutljivo na manipulacijo, zaradi česar je za uspešno osemenitev potreben razmeroma velik odmerik (3 milijarde semenčic v 80-100 ml svežega razredčenega semena; Dominiek in sod., 2011). Osemenitev v maternični vrat ali intrauterina osemenitev omogoča 3- do 20-kratno zmanjšanje števila semenčic v odmerku osemenjevanja v primerjavi s standardnim transcervikalnim osemenjevanjem (Vazquez in sod., 2008), vendar je potrebna posebna spretnost za rokovanje s katetrom, obstaja pa tudi možnost poškodb materničnega vratu ali materničnega tkiva (Dominiek in sod., 2011). Obstajajo tudi kapsule z nadzorovanim sproščanjem, ki v odmerku vsebujejo 2,5 milijarde merjaševih semenčic, in omogočajo podaljšanje časa ohranjanja spermijev ter povečajo učinkovitost enkratnega osemenjevanja svinj (Vigo in sod., 2009). Sortiranje semena in osemenitev z X-spermiji ima v prašičereji velik potencial pod pogojem optimiziranja sposobnosti razmnoževanja z uporabo točnih in natančnih osemenjevalnih tehnik kot tudi tehnik za sortiranje semena (večja količina kakovostnega semena v skladu z zahtevami trga).

Reja izključno svinjk je primerna tudi s stališča kakovosti mesa. Medtem ko je meso merjascev manj primerno za predelavo (Font-i-Furnols in sod., 2009; Gispert in sod., 2012; Pauly in sod., 2012), med kastrati in svinjkami večjih razlik ni (Piedrafita in sod., 2001; Čandek-Potokar in sod., 2002). Razlike se sicer kažejo v nekoliko manjši zamaščenosti kot pri kastratih (Font-i-Furnols in sod. 2012; Peinado in sod., 2012), tudi intramuskularni (Čandek-Potokar in sod., 2002; Alonso in sod., 2009), kar je s stališča preferenc potrošnikov, ki imajo raje izdelke z nekoliko manj vidne maščobe, celo v prid svinjkam. Po drugi strani imajo svinjke nekoliko večji delež nenasičenih maščobnih kislin (Högberg in sod., 2004; Alonso in sod., 2009;), kar je z vidika primernosti izdelkov za predelavo nekoliko manj zaželeno, saj se poveča dovzetnost za oksidacijo. Ker na maščobnokislinsko sestavo maščobnega tkiva vpliva tudi količina le-tega, je večji delež nenasičenih maščobnih kislin pri svinjkah v primerjavi s kastrati najverjetneje posledica manjše zamaščenosti. Podkožna maščoba namreč vsebuje večji delež nasičenih maščobnih kislin (Wood in sod., 2008). Reja svinjk do večjih tež za proizvode posebne kakovosti pa lahko prav tako predstavlja težave zaradi hormonskih sprememb povezanih s cikličnimi estrusi, a o tem vplivu na kakovost mesa v literaturi ni podatkov.

3.5 Genetska selekcija na nizko vsebnost vonja po merjascu

Genetska selekcija na nizko raven androstenona predstavlja dolgoročno, dobremu počutju živali naklonjeno rešitev, ki je trenutno še v fazi razvoja, izbira pasme z naravno nizko pojavnostjo spolnega vonja pa bi pomenila kratkoročno rešitev (EFSA, 2004). Med pasmami prašičev obstajajo razlike v koncentracijah androstenona in skatola, durok ima npr. predispozicijo za visoke koncentracije androstenona, medtem ko imajo merjasci pasme landras visoke koncentracije skatola (Rowe in sod., 2014). Raziskave glede prisotnosti vonja po merjascu moramo jemati z rezervo, saj se prisotnost vonja lahko

razlikuje med državami glede na genetsko raznovrstnost znotraj pasme, prav tako se za identifikacijo vonja uporabljajo različni pristopi (Aluwé in sod., 2009). Prašiči pasme durok so sicer zelo primerni za križanja pri pitanju prašičev namenjenih za proizvode posebne kakovosti, saj imajo večjo vsebnost intramuskularne maščobe (Čandek-Potokar in sod., 2002; Gil in sod., 2008), vendar pri njih obstaja tendenca za povečane koncentracije androstenona v primerjavi z drugimi genetskimi linijami. Križanci s durokom ((landras 50% × jorkšir 25%) × durok 25%) celo pri klavni teži 75 kg niso bili popolnoma brez vonja po merjascu (Aldal in sod., 2005). Xue in sod. (1996), ki so preučevali razlike med merjasci pasem durok, hempšir, landras in jorkšir so ugotovili večji delež prašičev, ki so preseгли prag za zaznavo androstenona, pri pasmah durok in hemsir tako v žlezah slinavkah kot tudi v maščobnem tkivu. V primerjavi s pietrenom pa so Aluwé in sod. (2011) ugotovili višje koncentracije skatola pri pasmah veliki beli in belgijski landras.

Zaradi visokih heritabilitet bi bila selekcija prašičev brez vonja po merjascu možna. Heritabiliteta za nivo androstenona znaša 0,56 (0,25 do 0,88), medtem ko je heritabiliteta za skatol nižja (0,19 do 0,54). Med obema substancama obstajajo dokaj visoke korelacije (0,36 do 0,62; Robic in sod., 2008). V začetnih poskusih, kjer so želeli znižati nivo androstenona so se zaradi nižjih koncentracij androgenih in estrogenih hormonov poslabšali proizvodni rezultati, podaljšal se je tudi čas pri katerem so živali dosegle spolno zrelost. Pri selekciji na nizke vsebnosti androstenona je zato najboljši scenarij možnost identifikacije živali, ki imajo slabšo genetsko kapaciteto za akumulacijo androstenona, hkrati pa imajo normalne vrednosti testikularnih steroidov značilnih za merjasce. Razvoj genetskih markerjev, s pomočjo katerih bi take živali prepoznali, bi omogočil selekcijo prašičev brez vonja po merjascu, ki sicer rastejo kot normalni merjasci (Squires, 2006). Spolno zrele merjasce z nizko vsebnostjo androstenona v maščobnem tkivu in normalnimi vrednostmi testosterona in LH v krvni plazmi so odkrili že pred skoraj 30 leti (Bonneau, 1987), vendar so bili polimorfizmi enega nukleotida, povezani z vonjem po merjascu, odkriti šele pred kratkim (Moe in sod., 2009). Te polimorfizme bi bilo mogoče uporabiti v praksi za zmanjšanje spolnega vonja brez averzivnega vpliva na spolno zrelost pri merjascih, vendar zahtevajo pred implementacijo v prakso dodatne raziskave.

V tovrstnih raziskavah je bilo identificiranih veliko genov, ki so vpleteni v produkcijo vonja. Za njihovo odkrivanje lahko uporabimo več eksperimentalnih pristopov. Dva pogosto uporabljena sta uporaba anonimnih DNK označevalcev in uporaba kandidatnih genov za določeno lastnost, pri čemer gre za odkrivanje regij na kromosomu, ki so povezane z določeno lastnostjo, rečemo jim individualni genski lokusi ali *angl.* QTL (*quantitative loci trait*). Naslednji pristop je odkrivanje polimorfizmov, to so različne genske informacije na specifičnih mestih DNK, običajno znotraj gena, s kratico imenovane SNP (*angl.* "single nucleotide polymorphism" oz. v slovenskem prevodu "polimorfizem posameznega nukleotida"). Kandidatni geni lahko kodirajo ključne encime, ki so vpleteni v presnovne poti spojnin, ki povzročajo vonj po merjascu, naj pa ne bi bili povezani s preostalimi potmi, npr. s presnovo anabolnih steroidov. Eden ključnih proteinov, povezan z uravnavanjem sinteze androstenona, je citokrom b5 (CYB5; Meadus in sod., 1993), Doran in sod. (2004) so pri presnovi androstenona odkrili vpletenost 3 β -hidroksisteroidne dehidrogenaze (3BHD), Sinclair in Squires (2005) pa vlogo hidroksisteroidne sulfotransferaze (SULT2A1). Glavna omejitev pri preučevanju

presnovnih poti za identifikacijo kandidatnih genov je, da lahko odkrijemo le tiste gene, ki so neposredno povezani z določeno presnovno potjo. Veliko širše so zastavljene transkriptomске analize, pri katerih s pomočjo mikromrež spremljamo izražanje velikega števila genov (Squires, 2006). Moe in sod. (2007 in 2008) so s pomočjo mikromrež ugotavljali razlike v izražanju genov med prašiči z visoko oz. nizko vsebnostjo androstenona pri dveh pasmah prašičev (durok in norveški landras). V testisih (Moe in sod., 2007) so pri prašičih z visokimi koncentracijami androstenona ugotovili povišano izražanje genov *CYB5*, *CYP17* (citokrom P450 - C17), *StAR* (steroidogeni akutni regulatorni protein), *CYP11A1* (citokrom P450 11A1) in *HSD17B4* (17-beta-hidroksisteroidna dehidrogenaza IV). *StAR* je npr. vpleten v prenos holesterola iz zunanje v notranjo mitohondrijsko membrano, kjer *CYP11A1* pretvori holesterol v pregnelon. Ta korak je poglavitni pri sintezi steroidnih hormonov. *HSD17B4* katalizira zadnji korak pri nastanku androgenov in estrogenov. Tudi v jetrih (Moe in sod., 2008) so ugotovili razlike v izražanju genov, ki vplivajo na nastanek androstenona.

Čprav na koncentracije skatola v največji meri vplivamo predvsem s prehrano in pogoji reje, je bilo odkritih nekaj encimov, ki vplivajo na presnovo skatola v jetrih, ki igra poglavitno vlogo pri akumulaciji skatola v maščobnem tkivu. Presnova skatola v jetrih poteka v dveh fazah. V prvi fazi je presnova odvisna predvsem od delovanja encimov in družine citokromov P450, predvsem *CYP2E1* (citokrom P450 2E1), *CYP2A6* (citokrom P450 2A6) in aldehyd oksidaze. V drugi fazi na presnovo skatola vpliva predvsem fenol sulfotransferaza (*SULT1A1*) in UDP glukuronozil transferaze. Visoke aktivnosti *CYP2E1* in *CYP2A* pri spolno zrelih merjascih so po navadi povezane z nizkimi koncentracijami skatola, androstenon pa naj bi inhibitorno vplival na izražanje teh dveh genov (povzeto v Zamaratskaia in Squires, 2009).

4 Priporočila

V primeru ukinitve kastracije pujskov, kot se izvaja danes, sta kratkoročno najbolj optimalni alternativni imunokastracija in reja merjascev. Za trg svežega mesa je pričakovati uveljavitev reje merjascev, imunokastracija pa je primerna alternativa, ko je treba zagotoviti višjo ali posebno kakovost mesa (pitanje do večje starosti oziroma teže). Alternativa za pitanje na večje teže je tudi kastracija z analgezijo/anestezijo, ki pa je nekoliko dražja.

Viri

- Albrecht A-K, 2011. Growth performance, carcass characteristics, meat quality and behaviour of ImprovacTM-treated male pigs in comparison with intact boars and barrows. Doctoral dissertation. University of Veterinary Medicine Hannover; 107 str.
- Aldal I, Andresen Ø, Egeli AK, Haugen JE, Grødum A, Fjetland O, Eikaas JLH, 2005. Levels of androstenone and skatole and the occurrence of boar taint in fat from young boars. *Livest. Prod. Sci.* 95: 121-129.
- Alonso V, Campo M, Español S, Roncalés P, Beltrán JA. 2009. Effect of crossbreeding and gender on meat quality and fatty acid composition in pork. *Meat Sci.* 81: 209-217.
- Aluwé M, Millet S, Nijs G, Tuytens FAM, Verheyden K, De Brabander HF, De Brabander DL, Van Oeckel MJ, 2009. Absence of an effect of diet fibre or clinoptilolite on boar taint in entire male pigs fed practical diets. *Meat Sci.* 82: 346-352.

- Aluwé M, Millet S, Bekaert KM, Tuytens FAM, Vanhaecke L, De Smet S, De Brabander DL, 2011. Influence of breed and slaughter weight on boar taint prevalence in entire male pigs. *Animal* 5: 1283-1289.
- Ampuero S, Bee G, 2006. The potential to detect boar tainted carcasses by using an electronic nose based on mass spectrometry. *Acta Vet. Scand.* 48(Suppl 1): P1.
- Andersson H, Lundström K, Rydhmer L, Hansson I, Forsberg M, Andersson K, 1995. Effects of spring and autumn light regimens on puberty boar taint and leanness in entire male pigs. *Proceedings European Association for Animal Production Working Group*. Milton Keynes, Regne Unit.
- Andersson K, Schaub A, Andersson K, Lundström K, Thomke S, Hansson I. 1997. The effect of feeding system, lysine level and gilt contact on performance, skatole levels and economy of entire male pigs. *Livest. Prod. Sci.* 51: 131-140.
- Andersson KH, Andersson K, Zamaratskaia G, Rydhmer L, Chen G, Lundström K, 2005. Effect of single-sex or mixed rearing and live weight on performance, technological meat quality and sexual maturity in entire male and female pigs fed raw potato starch. *Acta Agr. Scan. A-AN* 55: 80-90.
- Annor-Frempong IE, Nute GR, Wood JD, Whittington FW, West A, 1998. The measurement of the responses to different odour intensities of boar taint using a sensory panel and an electronic nose. *Meat Sci.* 50: 139-151.
- Axiak SM, Jäggin N, Wenger S, Doherr MG, Schatzmann U, 2007. Anaesthesia for castration of piglets: Comparison between intranasal and intramuscular application of ketamine, climizolam and azaperone. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 149: 395-402.
- Babol J, Squires EJ, 1995. Quality of meat from entire male pigs. *Food Res. Int.* 28: 201-212.
- Bañón S, Costa E, Gil MD, Garrido MD, 2003a. A comparative study of boar taint in cooked and dry-cured meat. *Meat Sci.* 63: 381-388.
- Bañón S, Gil MD, Garrido MD, 2003b. The effects of castration on the eating quality of dry-cured ham. *Meat Sci.* 65: 1031-1037.
- Batorek N, Škrlep M, Prunier A, Louveau I, Noblet J, Bonneau M, Čandek-Potokar M, 2012a. Effect of feed restriction on hormones, performance, carcass traits, and meat quality in immunocastrated pigs. *J. Anim. Sci.* 90: 4593-4603.
- Batorek N, Čandek-Potokar M, Bonneau M, Van Milgen J, 2012b. Meta-analysis of the effect of immunocastration on production performance, reproductive organs and boar taint compounds in pigs. *Animal* 6: 1330-1338.
- Batorek Lukač N, Škrlep M, Prevolnik Povše M, Čandek-Potokar M, 2014. Teoretični in praktični vidiki imunokastracije. Zbornik predavanj = Proceedings of the 23rd International Scientific Symposium on Nutrition of Farm Animals (Ur. T Čeh, S Kapun), Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, KGZ Murska Sobota, str. 11-17.
- Bonneau M, 1987. Effects of age and live weight on fat 5 α -androstene levels in young boars fed two planes of nutrition. *Reprod. Nutr. Dev.* 27, 2A: 413-22.
- Bonneau M, Le Denmat M, Vaudelet JC, Veloso Nunes JR, Mortensen AB, Mortensen HP, 1992. Contributions of fat androstene and skatole to boar taint: I. Sensory attributes of fat and pork meat. *Livest. Prod. Sci.* 32: 63-80.
- Bonneau M, Dufour R, Chouvet C, Roulet C, Meadus W, Squires EJ, 1994. The effects of immunization against luteinizing hormone-releasing hormone on performance, sexual development, and levels of boar taint-related compounds in intact male pigs. *J. Anim. Sci.* 72: 14-20.
- Bonneau M, 1998. Use of entire males for pig meat in the European Union. *Meat Sci.* 49, Suppl. 1: S257-S272.
- Booth WD, White CA, 1988. The isolation and purification of pheromaxein, the pheromonal steroid binding protein, in porcine submaxillary glands and saliva. *J. Endocrinol.* 118: 47-57.
- Brüssow K-P, Schneider F, Nürnberg G, 2001. Alteration of gonadotrophin and steroid hormone release, and of ovarian function by a GnRH antagonist in gilts. *Anim. Reprod. Sci.* 66: 117-126.

- Bundesanzeiger, 2007. Allgemeine Verwaltungsvorschrift über die Durchführung der amtlichen Überwachung der Einhaltung von Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs und zum Verfahren zur Prüfung von Leitlinien für eine gute Verfahrenspraxis (AVV Lebensmittelhygiene – AVV LmH). Jhg 59, no 180a: 51-52.
- Chen G, Bourneuf E, Marklund S, Zamaratskaia G, Madej A, Lundström K, 2007. Gene expression of 3 β -hydroxysteroid dehydrogenase and 17 β -hydroxysteroid dehydrogenase in relation to androstenone, testosterone, and estrone sulphate in gonadally intact male and castrated pigs. *J. Anim. Sci.* 85: 2457-2463.
- Claus R, 1970. Bestimmung von Testosteron und 5 α -androst-16-en-3-on, einem Ebergeruchsstoff bei Schweinen, Dissertation, Technische Hochschule München-Weihenstephan, 144 str.
- Claus R, Hoffmann B, Karg H. 1971. Determination of 5 α -androst-16-en-3-one, a boar taint steroid in pigs, with reference to relationships to testosterone. *J. Anim. Sci.* 33: 1293-1297.
- Claus R, 1979. Pheromones in mammals with special reference to boar taint and its relation to other testicular steroids. Fortschritte in der Tierphysiologie und Tierernahrung. Beihefte zur Z. Tierphysiol. Tierernährg. u. Futtermittelkunde 10, 136 str.
- Claus R, Weiler U, Herzog A, 1994. Physiological aspects of androstenone and skatole formation in the boars- A review with the experimental data. *Meat Sci.* 38: 289-305.
- Claus R, Raab S, Röckle S, 1996. Skatole concentrations in blood plasma of pigs as influenced by the effects of dietary factors on gut mucosa proliferation. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 76: 170-179.
- Claus R, Raab S, 1999. Influences on skatole formation from tryptophan in the pig colon. *Adv. Exp. Med. Biol.* 467: 679-684.
- Claus R, Lösel, Lacorn M, Mentschel J, Schenkel H, 2003. Effects of butyrate on apoptosis in the pig colon and its consequences for skatole formation and tissue accumulation. *J. Anim. Sci.* 81: 239-248.
- Čandek-Potokar M, Monin G, Žlender B. 2002. Pork quality, processing, and sensory characteristics of dry-cured hams as influenced by Duroc crossing and sex. *J. Anim. Sci.* 80: 988-996.
- Čandek-Potokar M, Škrlep M, Batorek Lukač N, Zamaratskaia G, Prevolnik Povše M, Velikonja Bolta Š, Kubale V, Bee G, 2015. Hydrolysable tannin fed to entire male pigs affects intestinal production, tissue deposition and hepatic clearance of skatole. *Vet. J.* 204: 162-167.
- De Roest K, Montanari C, Fowler T, Baltussen W, 2009. Resource efficiency and economic implications of alternatives to surgical castration without anaesthesia. *Animal* 3: 1522-1531.
- Diestre A, Oliver MA, Gispert M, Arpa I, Arnau J, 1990. Consumer responses to fresh meat and meat products from barrows and boars with different levels of boar taint. *Anim. Prod.* 50: 519-530.
- Direktiva komisije 2008. Council Directive 2008/120/EC of 18 December 2008 laying down minimum standards for the protection of pigs.
- Dominiek M, Lopez Rodriguez A, Rijsselaere T, Vyt P, Van Soom A, 2011. Artificial Insemination in Pigs, *Artificial Insemination in Farm Animals*, Dr. Milad Manafi (Ed.). InTech. <http://www.intechopen.com/books/artificial-insemination-in-farm-animals/artificial-insemination-in-pigs> (3.7.2015)
- Doran E, Whittington FW, Wood JD, McGivan JD, 2002. Cytochrome P450IIE1 (CYP2E1) is induced by skatole and this induction is blocked by androstenone in isolated pig hepatocytes. *Chem. Biol. Interact.* 140: 81-92.
- Doran E, Whittington FM, Wood JD, McGivan JD, 2004. Characterization of androstenone metabolism in pig liver microsomes. *Chem.-Biol. Interact.* 147: 141-149.
- Dunsha FR, Colantoni C, Howard K, McCauley I, Jackson P, Long KA, Lopaticki S, Nugent EA, Simons JA, Walker J, Hennessy DP, 2001. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. *J. Anim. Sci.* 79: 2524-2535.
- EFSA, 2004. Welfare aspects of the castration of piglets. Scientific report of the scientific panel for animal health and welfare. European Food Safety Authority 2004. *EFSA J.* 91: 1-19.
- Fahim MS, 1994. U.S. Patent No. 5,372,822. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

- Farnworth ER, Modler HW, Mackie DA, 1995. Adding Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) to weanling pig diets and the effect on manure composition and characteristics. *Anim. Feed Sci. Technol.* 55: 153-160.
- Font-i-Furnols M, Gonzáles J, Gispert M, Oliver MA, Hortós M, Pérez J, Suárez P, Guerrero L, 2009. Sensory characterization of meat from heavy pigs vaccinated against gonadotropin releasing factor compared to meat from surgically castrated, entire male and female pigs. *Meat Sci.* 83: 438-442.
- Font-i-Furnols M, Gispert M, Soler J, Diaz M, Garcia-Regueiro JA, Diaz I, Pearce M, 2012. Effect of vaccination against gonadotrophin-releasing factor on growth performance, carcass, meat and fat quality of male Duroc pigs for dry-cured ham production. *Meat Sci.* 91: 148-154.
- Fredriksen B, Nafstad O, 2006. Surveyed attitudes, perceptions and practices in Norway regarding the use of local anaesthesia in piglet castration. *Res. Vet. Sci.* 81: 293-295.
- Gil M, Delday M, Gispert M, Font-i-Furnols M, Maltin CM, Plastow GS, Klont R, Sosnicki AA, Carrión D, 2008. Relationships between biochemical characteristics and meat quality of *Longissimus thoracis* and *Semimembranosus* muscles in five porcine lines. *Meat Sci.* 80: 927-933.
- Giri SC, Yadav BPS, Panda SK, 2002. Chemical castration in pigs. *Indian J. Anim. Sci.* 72: 451-453.
- Gispert M, Àngels Oliver M, Velarde A, Suarez P, Pérez J, Font i Furnols M. 2010. Carcass and meat characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. *Meat Sci.* 85: 664-670.
- Gower DB, 1972. 16-Unsaturated C 19 steroids. A review of their chemistry, biochemistry and possible physiological role. *J. Steroid Biochem.* 3: 45-103.
- Hansen LL, Larsen AE, Jensen BB, Hansen Møller J, Barton-Gade P, 1993. V: Measurement and prevention of boar taint in entire male pigs. (Ur. M. Bonneau), INRA Editions, Paris: 151-157
- Hansen LL, Larsen AE, Jensen BB, Hansen-Møller J, Barton-Gade P, 1994. Influence of stocking rate and faeces deposition in the pen at different temperatures on skatole concentration (boar taint) in subcutaneous fat. *Anim. Prod.* 59: 99-110.
- Hansen LL, Meyer H, Thamsborg SM, Byrne DV, Roepstorff A, Karlsson AH, Hansen Møller J, Jensen MT, Tuomola M, 2006. Influence of cichory roots (*Cichorium intybus* L) on boar taint in entire male pigs. *Anim. Sci.* 82: 359-368.
- Hansen LL, Stolzenbach S, Jensen JA, Henckel P, Hansen Møller J, Syriopoulos K, Byrne DV, 2008. Effect of feeding fermentable fibre-rich feedstuffs on meat quality with emphasis on chemical and sensory boar taint in entire male and female pigs. *Meat Sci.* 80: 1165-1173.
- Harrison GS, Wierman ME, Nett TM, Glode LM, 2004. Gonadotropin-releasing hormone and its receptor in normal and malignant cells. *Endocr.-Relat. Cancer* 11: 725-748.
- Hawe SM, Walker N, Moss BW, 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.
- Heinritzi K, Zöls S, Ritzmann M, 2006. Possibilities of pain-reduction in castration of piglets. In: *Proceedings of the 19th International Pig Veterinary Society Congress Copenhagen 2006*, p 289.
- Hofmo PO, 2006. Sperm sorting and low dose insemination in the pig - an update. *Acta Vet. Scan.* 48: 11.
- Högberg A, Pickova J, Stern S, Lunström K, Bylund AC. 2004. Fatty acid composition and tocopherol concentrations in muscle of entire male, castrated male and female pigs, reared in an indoor or outdoor housing system. *Meat Sci.* 68: 659-665.
- Jarmoluk L, Martin HA, Freedman HT, 1970. Detection of taint (sex odour) in pork. *Can. J. Anim. Sci.* 50: 750-752.
- Jensen MT, Cox RP, Jensen BB, 1995. Microbial production of skatole in the hind gut of pigs given different diets and its relation to skatole deposition in backfat. *Anim. Sci.* 61: 293-304.
- Jensen MT, Jensen BB, Laue A, Agergaard N, Bibby BM, 1997. Effect of various carbohydrate sources on the production of skatole in the hind gut of pigs and skatole concentration in blood plasma. V: *Boar taint in entire male pigs: proceedings of a meeting of the EAAP working group "Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs"*: Stockholm, Sweden.

- Jensen BB, Jensen MT, 1998. Microbial production of skatole in digestive tract of entire male pigs. V: Skatole and boar taint (Ur. WK Jensen), Danish Meat Research Institute, Rokslide, Danska, str. 41-75.
- Johnson LA, Flook JP, Hawk HW, 1989. Sex preselection in rabbits: live births from X and Y sperm separated by DNA and cell sorting. *Biol. Reprod.* 41: 199-203.
- Johnson LA, 2000. Sexing mammalian sperm for production of offspring: the state-of-the-art. *Anim. Reprod. Sci.* 60: 93-107.
- Keller K, Wicke M, Von Lengerken G, 1997. Influencing androstenone concentration of entire male pigs by mating AI boars with known fat androstenone level. In: Bonneau M, Lundstrom K, Malmfors B. (Eds.), *Boar Taint in Entire Male Pigs*, Wageningen Press, Wageningen, pp. 119-122, EAAP, Publication No. 92
- Kluivers-Poodt M, Hopster H, Spoolder HAM, 2007. Castration under anaesthesia and/or analgesia in commercial pig production. *Animal Science Group Wageningen 2007, Report 85.*
- Knarreborg A, Beck J, Jensen MT, Laue A, Agergaard N, Jensen BB, 2002. Effect of non-starch polysaccharides on production and absorption of indolic compounds in entire male pigs. *Anim. Sci.* 74: 445-453.
- Kouba M, Enser M, Whittington FM, Nute GR, Wood JD, 2003. Effect of high.linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition, and meat quality in the growing pig. *J. Anim. Sci.* 81: 1967-1979.
- Kupper T, Pauly C, Burren C, Hofer A, Spring P, 2008. Alternative Methoden zur konventionellen Ferkelkastration ohne Schmerzausschaltung. Projekt ProSchwein Abschlussbericht, Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL Zollikofen 2008.
- Lahrman KH, Kmiec M, Stecher R, 2006. Die Saugferkelkastration mit der Ketamin/Azaperon-Allgemeinanästhesie: tierschutzkonform, praktikabel, aber wirtschaftlich? *Prakt Tierarzt.* 87: 802-809.
- Lealiifano AK, Pluske JR, Nicholls R, Dunshea FR, Campbell RG, Hennessy DP, Miller DW, Hansen CF, Mullan BP, 2011. Reducing the length of time between harvest and the secondary gonadotropin-releasing factor immunization improves the growth performances and clears boar taint compounds in male finishing pigs. *J. Anim Sci.* 89: 2782-2792.
- Leeb C, Gößler C, Czech B, Baumgartner J, 2008. Experiences with intravenous general anaesthesia for surgical castration of pigs. In *Book of Abstracts of the 59th Annual Meeting of the EAAP Vilnius*, str. 105.
- Lin RS, Orcutt MW, Allrich RD, Judge MD, 1992. Effect of dietary crude protein content on skatole concentration in boar serum. *Meat Sci.* 31: 473-479.
- Lundström K, Malmorfs B, Malmorfs G, Stern S, Petersson H, Mortenson BA, Sørensen SE, 1988. Skatole, androstenone and taint in boars fed two different diets. *Livest. Prod. Sci.* 18: 55-67.
- Lundström K, Malmfors B, 1993. Skatole levels as affected by of boar taint in entire male pigs. INRA, Paris, Les inheritance and season. V: 39th ICoMST, Calgary, Canada, 6 Colloques: 87-92.
- Lundstöm K, Malmorfs B, Stern S, Rydhmer L, Elaisson -Selling L, Mortensen AB, Mortensen HP. 1994. Skatole levels in pigs selected for high lean tissue growth rate on different dietary protein levels. *Livest. Prod. Sci.* 38: 125-132.
- Malmfors B, Lundström K, 1983. Consumer reactions to boar meat-a review. *Livest. Prod. Sci.* 10: 187-196.
- Matthews KR, Homer DB, Thies F, Calder PC, 2000. Effect of whole linseed (*Linum usitatissimum*) in the diet of finishing pigs on growth performance and on the quality and fatty acid composition of various tissues. *Br. J. Nutr.* 83: 637-643.
- McGlone JJ, Nicholson RI, Hellman JM, Herzog DN, 1993. The development of pain in young pigs associated with castration and attempts to prevent castration-induced behavioral changes. *J. Anim. Sci.* 71: 1441-1446.
- Meadus WJ, Mason JI, Squires EJ, 1993. Cytochrome P450c17 from porcine and bovine adrenal catalyses the formation of 5,16-androstadien-3 β -ol from pregnenolone in the presence of cytochrome b5. *J. Steroid. Biochem. Mol. Biol.* 46: 565-572.

- Moe M, Meuwissen T, Lien S, Bendixen C, Wang X, Conley LN, Grindflek E, 2007. Gene expression profiles in testis of pigs with extreme high and low levels of androstenone. *BMC Genomics* 8: 405.
- Moe M, Lie S, Bendixen C, Hedegaard J, Hornshøj H, Berget I, Meuwissen THE, Grindflek E, 2008. Gene expression profiles in liver of pigs with extreme high and low levels of androstenone. *BMC Vet. Res.* 4:29, 1-16.
- Moe M, Lien S, Aasmundstad T, Meuwissen TH, Hansen MH, Bendixen C, Grindflek E, 2009. Association between SNPs within candidate genes and compounds related to boar taint and reproduction. *BMC Genet.* 10: 32.
- Mortensen AB, Sorensen S, 1984. Relationship between boar taint and skatole determined with a new analysis method. *Proc. 30th European Mtg. of Meat Res. Workers, Bristol, U.K.*
- Øverland M, Berg J, Matre T, 1995. The effect of feed and feeding regime on skatole and androstenone levels and on sensory attributes of entire male and female pigs. V: *Proceedings of the Meeting EAAP Working Group, Production and utilisation of meat from entire male pigs, Milton Keys, UK, 6 str.*
- Patterson RLS, 1968. 5 α -androst-16-ene-3-one: Compound responsible for taint in boar fat. *J. Sci. Food Agric.* 19: 31-38.
- Pauly C, Spring P, O'Doherty JV, Ampuero Kragten S, Bee G, 2008. Performances, meat quality and boar taint of castrates and entire males pigs fed a standard and a raw potato starch-enriched diet. *Animal* 2: 1707-1715.
- Pauly C, Luginbühl W, Ampuero S, Bee G, 2012. Expected effects on carcass and pork quality when surgical castration is omitted - Results of a meta-analysis study. *Meat Sci.* 92: 858-862.
- Pearce GP, Hughes PE, Booth WD, 1988. The involvement of boar submaxillary salivary gland secretions in boar-induced precocious puberty attainment in the gilt. *Anim. Reprod. Sci.* 16: 125-134.
- Peinado J, Serrano MP, Nieto M, Sánchez J, Medel P, Mateos GG, 2012. The effects of gender and castration of females on performance and carcass and meat quality of heavy pigs destined to the dry-cured industry. *Meat Sci.* 90: 715-720.
- Piedrafita J, Christian LL, Lonergan SM, 2001. Fatty acid profiles in three stress genotypes of swine and relationships with performance, carcass and meat quality traits. *Meat Sci.* 57: 71-77.
- Prunier A, Bonneau M, von Borell EH, Cinotti S, Gunn M, Fredriksen B, Giershing M, Morton DB, Tuytens FAM, Velarde A, 2006. A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and the evaluation of non-surgical methods. *Anim. Welfare* 15: 277-289.
- Reid J, Dufour JJ, Sirard MA, 1996. Effect of a single injection of a long-acting gonadotropin-releasing hormone agonist on prepubertal male and female pigs on reproductive organs, growth performance and sensory qualities of pork roasts. *Reprod. Nutr. Dev.* 36: 321-332.
- Rideout TC, Fan MZ, Cant JP, 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. *J. Anim. Sci.* 82: 1678-1684.
- Robic A, Larzul C, Bonneau M, 2008. Genetic and metabolic aspects of androstenone and skatole deposition in pig adipose tissue: A review. *Genet. Sel. Evol.* 40: 129-143.
- Russel TJ, Kerley MS, Alee GL, Howard MD, 1998. Fructooligosaccharides improves nitrogen metabolism and reduces fecal excretion of odor metabolites in the weaned pig. V: *UMC Animal Science Department Report, str. 79-83.*
- Russo, V, Nanni Costa L, 1995. Suitability of pig meat for salting and the production of quality processed products. *Pig News Info* 16: 17N-26N.
- Sabeur K, Ball BA, Nett TM, Ball HH, Liu IK, 2003. Effect of GnRH conjugated to pokeweed antiviral protein on reproductive function in adult male dogs. *Reproduction* 125, 6: 801-806.
- Salmon ELR, Edwards SA, 2006. Effects of gender contact on the behaviour and performance of entire boars and gilts from 60-130 kg. IV: *Proceedings of the British Society of Animal Science, March 2006, York, UK, str. 72.*
- Schulz C, 2007. Auswirkungen einer Isofluran-Inhalationsnarkose auf den Kastrationsstress und die postoperativen Schmerzen von Ferkeln. *Dissertation Ludwig-Maximilians-Universität München.*

- Sellier P, Le Roy P, Fouilloux MN, Gruand J, Bonneau M, 2000. Responses to restricted index selection and genetic parameters for fat androstenone level and sexual maturity status of young boars. *Livest. Prod. Sci.* 63: 265-274.
- Sinclair PA, Squires EJ. 2005. Testicular sulfoconjugation of the 16-androstene steroids by hydroxysteroid sulfotransferase: its impact on the concentrations of 5 α -androstenone in plasma and fat of the mature domestic boar. *J. Anim. Sci.* 83: 359-365.
- Sinclair PA, Squires EJ, Raeside JI, Britt JH, Hedgpeth VG, 2001. The effect of early postnatal treatment with a gonadotropin-releasing hormone agonist on the developmental profiles of testicular steroid hormones in the intact male pig. *J. Anim. Sci.* 79: 1003-1010.
- Stephany RW, 2001. Hormones in meat: different approaches in the EU and in the USA. *Apmis* 109(S103): S357-S364.
- Squires EJ, 2006. Possibilities for selection against boar taint. *Acta Vet. Scan.* 48(Suppl. 1): 1-14.
- Svensden O, Strobeck L, Forman B, 2005. CO₂/O₂ as an anaesthetic agent during castration of piglets. In EAAP working group on production and utilization of meat from entire male pigs. 8-9 June, Uppsala, Sweden.
- Škrlep M, Čandek-Potokar M, Batorek N, Šegula B, Prevolnik M, Pugliese C, Bonneau M, 2012. Length of the interval between immunocastration and slaughter in relation to boar taint and carcass traits. *Acta Agric Slov. Suppl.* 3: 247-251
- Škrlep M, Čandek-Potokar M, Batorek-Lukač N, Prevolnik-Povše M, Pugliese C, Flores M, Labussiere E, 2014a. Use of entire males and salt reduction in dry-cured ham production 1) Green ham properties, processing yields, chemical composition. 2nd International Symposium on Fermented Meats, Valencia, Spain.
- Škrlep M, Čandek-Potokar M, Batorek-Lukač N, Prevolnik-Povše M, Pugliese C, Flores M, Labussiere E, 2014b. Use of entire males and salt reduction in dry-cured ham production 2) Rheological traits and sensory profile. 2nd International Symposium on Fermented Meats, Valencia, Spain.
- Ter Beek V, 2007. Sex sorting technology could save time. *Pig Progress* 23: 22-23.
- Trefan L, Doeschl-Wilson A, Rooke JA, Terlouw C, Bünger L, 2013. Meta-analysis of effects of gender in combination with carcass weight and breed on pork quality. *J. Anim. Sci.* 91: 1480-1492.
- Uredba sveta (EGS) št. 2377/90 z dne 26.6.1990 o določitvi postopka Skupnosti za določanje najvišjih mejnih vrednosti ostankov zdravil za uporabo v veterinarski medicini v živilih živalskega izvora (UL L 224, 18.8.1990, str. 1).
- Van der Lende T, Kruijt L, Tieman M, 1993. Can passive immunization with anti-GnRH monoclonal antibodies, injected a few weeks before slaughter, prevent boar taint? V: Measurement and Prevention of Boar Taint (Ur. M. Bonneau), INRA Editions, Paris, Francija, str. 201-206.
- Van Oeckel MJ, Warnants N, Da Paepe M, Casteels M, Boucqué CV, 1998 Effect of fibre-rich diets on the backfat skatole content of entire male pigs. *Livest. Prod. Sci.* 56: 173-180.
- Vazquez JM, Roca J, Gil MA, Cuello C, Parilla I, Vazquez JL, Martinez EA, 2008. New developments in low-dose insemination technology. *Theriogenology* 70: 1216-1224.
- Vhile SG, Kjos NP, Sørnum H, Øverland M, 2012. Feeding Jerusalem artichoke reduced skatole level and changed intestinal microbiota in the gut of entire male pigs. *Animal* 6: 807-814.
- Vigo D, Faustini M, Villani S, Orsini F, Bucco M, Chlapanidas T, Conte U, Ellis K, Torre ML, 2009. Semen controlled-release capsules allow a single artificial insemination in sows. *Theriogenology* 72: 439-444.
- Vold E, 1970. Fleischproduktionseigenschaften bei Ebern und Kastraten. IV. Organoleptische und gaschromatografische Untersuchungen Wasserdampf-flüchtiger Stoffe des Rückenspeckes von Ebern. *Meldinger Nordandbrückhoegskole* 49: 1-25.
- Walstra P, Maarse G, 1970. Onderzoek gestachteleng van mannelijke mestvarkens. IVO rapport, Rapport 2 C-147. IVO rapport C-147. Researchroep voor Vlees en Vleeswaren TNO.
- Walstra P, Garssen GJ, 1995. Influence of quality of the pigs and season on androstenone level. V: Proc. Meeting EAAP Working group on production and utilisation of meat from entire male pigs, Milton Keynes, UK, Session III, 6 str.

- Walstra P, Claudi-Magnussen C, Chevillon P, Von Seth G, Diestre A, Matthews KR, Homer DB, Bonneau M, 1999. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: levels of androstenone and skatole by country and season. *Livest. Prod. Sci.* 62: 15-28.
- Weiler U, Dehnhard M, Herbert E, Claus R, 1995. Einfluss von Geschlecht, Genotyp und Mastendgewicht auf die Androstenon- und Skatolkonzentration im Fett von Mastschweinen, 14-32. In: *Die Ebermast, Angewandte Wissenschaft Heft 449, Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Landwirtschaftsverlag Münster.*
- Weiler U, Font-i-Furnols M, Fischer K, Kemmer H, Oliver MA, Gispert M, 2000. Influence of differences in sensitivity of Spanish and German consumers to perceive androstenone on the acceptance of boar meat differing in skatole and androstenone concentrations. *Meat Sci.* 54: 297-304.
- Whittington FM, Nute GR, Hughes SI, McGivan JD, Lean IJ, Wood JD, Doran E, 2004. Relationship between skatole and androstenone accumulation, and cytochrome P4502E1 expression in Meishan × Large White pigs. *Meat Sci.* 67: 569-576.
- Willeke H, Claus R, Müller E, Pirchner F, Karg H, 1987. Selection for high and low level of 5 α -androst-16-en-3-one in boars. *J. Anim. Breed. Genet.* 104: 64-73.
- Willeke H, Pirchner F, 1989. Selection for high and low level of 5 α -androst-16-en-3-one in boars. II. Correlations between growth traits and 5-androstenone. *J. Anim. Breed. Genet.* 106: 312-317.
- Williamson ED, Patterson RLS, Buxton ER, Mitchell KG, Partridge IG, Walker N, 1985. Immunization against 5 α -androstenone in boars. *Livest. Prod. Sci.* 12: 251-264.
- Wiseman J, Redshaw MS, Jagger S, Nute GR, Whittington FM, Wood JD, 1999. Influence of type and dietary rate of inclusion of non-starch polysaccharides on skatole content and meat quality of finishing pigs. *Anim. Sci.* 69: 123-133.
- Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittington FM, 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Sci.* 78: 343-358.
- Wysocki CJ, Beauchamp GK, 1984. Ability to smell androstenone is genetically determined. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 81: 4899-4902.
- Xue JL, Dial GD, Holton EE, Vickers Z, Squires EJ, Lou Y, Godbout D, Morel N, 1996. Breed differences in boar taint: Relationship between tissue levels of boar taint compounds and sensory analysis of taint. *J. Anim. Sci.* 74: 2170-2177.
- Zamaratskaia G, Rydhmer L, Chen G, Madej A, Andersson HK, Lundström K, 2005a. Boar taint is related to endocrine and anatomical changes at puberty but not to aggressive behaviour in entire male pigs. *Reprod. Domes. Anim.* 40: 500-506.
- Zamaratskaia G, Babol J, Andersson HK, Andersson K, Lundström K, 2005b. Effect of live weight and dietary supplement of raw potato starch on the levels of skatole, androstenone, testosterone and oestrone sulphate in entire male pigs. *Livest. Prod. Sci.* 93: 235-243.
- Zamaratskaia G, Squires EJ, 2009. Biochemical, nutritional and genetic effects on boar taint in entire male pigs. *Animal* 3: 1508-1521.
- Zankl A, 2007. Untersuchungen zur Wirksamkeit und Gewebeverträglichkeit von Lokalanästhetika bei der Kastration männlicher Saugferkel. *Vet. Med. Diss. München*
- Ziecik AJ, Esbenshade KL, Britt JH, 1989. Effects of a gonadotrophin-releasing hormone antagonist on gonadotrophin secretion and gonadal development in neonatal pigs. *J. Reprod. Fert.* 87: 281-289.
- Zöls S, Ritzmann M, Heinritz K, 2006b. Effect of local anaesthesia in castration of piglets. *Tierärztliche Praxis Großtiere* 34: 103-106.

Priloga 1: Vpliv prehrane na koncentracijo skatola

Dodatek	Aktivna snov	Koncentracija aktivne snovi	Analizirano tkivo	Vpliv na skatol	Tip živali (končna teža/ starost)	Vir
Pesni rezanci	Pektin	/	Maščoba	Ni vpliva	Merjasci	Øverland in sod., 1995
Suhi pesni rezanci	Vlaknine + pektin	15 %	Maščoba	Ni vpliva	Merjasci	Van Oeckel in sod., 1998
Suhi pesni rezanci	Vlaknine + pektin	400 mg/g	Maščoba, feces	Znižanje konc. V fecesu/ni vpliva na konc. V maščobi	Merjasci in svinjke (90 kg)	Hawe in sod., 1992
Suhi pesni rezanci	Vlaknine + pektin	20 %	Maščoba	Znižanje koncentracije	Merjasci	Whittington in sod., 2004
Suhi pesni rezanci	Vlaknine + pektin (NŠP - neškrobni polisaharidi)	80 in 160 g/kg NŠP	Kri, feces	Znižanje koncentracije	Merjasci (4-6 mesecev)	Knarreborg in sod., 2002
Suhi pesni rezanci in slama	Vlaknine + pektin	20; 80 in 120 g/kg NŠP	Maščoba	Ni vpliva/zvišanje koncentracije (pri 1 živali)	Merjasci	Wiseman in sod., 1999
Pivski kvas	Nizko prebavljivi proteini	/	Maščoba, feces	Zvišanje koncentracije		Jensen in Jensen, 1998
Pivski kvas	Nizko prebavljivi proteini	2,76 kg/dan kvasa	Maščoba	Zvišanje koncentracije	Merjasci (112 kg)	Jensen in sod., 1995
Pivski kvas in lahko prebavljivi OH	Prebavljivi proteini + purini	/	/	Zvišanje koncentracije		Claus in Raab, 1999
Visoko energijska krma z dodatkom purinov	Purini + lahko prebavljivi OH	14,1 MJ ME/kg	Kri	Zvišanje koncentracije	Kastrati	Claus in sod., 1996
Pivski kvas in pesni rezanci	Nizko prebavljivi proteini + pektin	20 g/kg krme rezancev + 2,76 kg/dan kvasa	Maščoba	Znižanje koncentracije	Merjasci (112 kg)	Jensen in sod., 1995
Surov krompirjev škrob	Škrob	10 %	Maščoba, kri	Znižanje koncentracije		Jensen in sod., 1997
Surov krompirjev škrob	Škrob	578,3 g/kg suhe snovi	Maščoba, feces, krvna plazma	Znižanje koncentracije	Kastrati	Claus in sod., 2003
Surov krompirjev škrob	Škrob	0,6 kg SKŠ/prasiča/dan	Maščoba, krvna plazma	Znižanje koncentracije	Merjasci (90, 100, 115 kg)	Zamaratskaia in sod., 2005

Priloga 1 (nadaljevanje): Vpliv prehrane na koncentracijo skatola

Surov krompirjev škrob	Škrob	30 g SKŠ/100 g krme	Maščoba	Znižanje koncentracije	Merjasci, svinjke, kastrati (107 kg)	Pauly in sod., 2008
Surov krompirjev škrob	Škrob	10 %	Maščoba	Ni vpliva	Merjasci, kastrati (107 kg)	Aluwé in sod., 2009
Surov krompirjev škrob in pšenični otrobi	Škrob in vlaknina	10 % škroba + 10 % otrobov	Maščoba	Ni vpliva	Merjasci, kastrati (107 kg)	Aluwé in sod., 2009
Sojina moka	visoka vsebnost proteinov	12, 15, 18 and 21 % surovih beljakovin v krmi	Kri	Znižanje koncentracije	Merjasci (24,32 in 40 tednov)	Lin in sod., 1992
Krma z visoko / nizko vsebnostjo proteinov	Sojina moka Rumeni grah	12 % sojine moke (SP=18,5%) 10 % rumenega graha (SP=13,1%)	Maščoba	Znižanje koncentracije (krme z visoko vsebnostjo SP)	Merjasci in svinjke (103 kg)	Lundström in sod., 1994
Sintetičen lizin	L-lizin HCl	0,85; 0,95 in 1,05 % lizina v krmi	Maščoba	Ni vpliva	Merjasci, svinjke, kastrati (105 kg)	Andersson in sod., 1997
Sojine luščine	Vlaknine	15%	Maščoba	Ni vpliva	Merjasci	Van Oeckel in sod., 1998
Pšenični otrobi	Vlaknine	30 %	Maščoba	Ni vpliva	Merjasci	Van Oeckel in sod., 1998
Laktoza	Laktoza	25 mg/g	Maščoba	Znižanje koncentracije	Merjasci in svinjke (90 kg)	Hawe in sod., 1992
Kazein	Kazein	10 g/kg	Maščoba	Znižanje koncentracije	Merjasci (112 kg)	Jensen in sod., 1995
De-Odoraza	Sarsaponin		Maščoba	Znižanje koncentracije		Ender in sod., 1995
Inulin	Inulin		Maščoba, feces	Znižanje koncentracije		Claus in sod., 1994
Inulin	Inulin	5 %	Maščoba	Ni vpliva	Merjasci, kastrati (107 kg)	Aluwé in sod., 2009
Volčji bob	Proteini + neškrobni polisaharidi	10 %	Kri, feces	Znižanje koncentracije		Jensen in sod., 1997
Volčji bob (moder)	Proteini + neškrobni polisaharidi	13,3 %	Kri, feces	Znižanje koncentracije	Merjasci in svinjke (100-108 kg)	Hansen in sod., 2008

Priloga 1 (nadaljevanje): Vpliv prehrane na koncentracijo skatola

Volčji bob	Proteini + neškrobni polisaharidi	10 %	Maščoba	Ni vpliva	Merjasci, kastrati (107 kg)	Aluwé in sod., 2009
Bikarbonat	Bikarbonat		Maščoba, feces	Znižanje koncentracije		Claus in sod., 1994
Klinoptiolit	Klinoptiolit	1 %	Maščoba	Ni vpliva	Merjasci, kastrati (107 kg)	Aluwé in sod., 2009
Tanini	Hidrolizabilni tanini	1, 2 in 3 %	Maščoba, črevesna vsebina, feces	Zvišanje (↓ doza) ali znižanje (↑ doza) koncentracije	Merjasci (120 kg)	Čandek-Potokar in sod., 2015
Jeruzalemske artičoke		1, 3, 6 %	Maščoba	Znižanje koncentracije	Kastrati (8 tednov)	Farnworth in sod., 1995
Jeruzalemske artičoke		4,1; 8,1 in 12.2%	Maščoba, feces, črevesna vsebina	Znižanje koncentracije	Merjasci (112 kg)	While in sod., 2012
FOS (fruktooligo c-saharid)	Fruktooligosaharidi	0,75 in 1,5 g/dan	Feces	Ni vpliva (0,75 g)/ znižanje koncentracije (1,5 g)	Pujski (10 kg)	Russell in sod., 1998
Ovseni in pšenični otrobi, senena moka, rumeni grah	Nizka vsebnost hranil, vlaknine		Feces	Zvišanje koncentracije	Merjasci (110 kg)	Lundström in sod., 1988
Laneno seme	Maščoba, vlaknine	50 in 100 g/kg	Maščoba	Znižanje koncentracije	/	Matthews in sod., 2000
Laneno seme	Maščoba, vlaknine	60 g/kg	Maščoba	Znižanje koncentracije	Svinjke	Kouba in sod., 2003
Suhi koren cikorije	Inulin (FOS)	10 %	Kri, feces	Znižanje koncentracije	Merjasci in svinjke (100-108 kg)	Hansen in sod., 2008
Sveže/suho korenje cikorije/inulin	Inulin (FOS)	Dodatek, ki je nadomestil 25 % dnevne potrebe po energiji	Maščoba, kri	Znižanje koncentracije	Merjasci in svinjke (100-108 kg)	Hansen in sod., 2006

Poglavje 7

Prašičereja na ekološki kmetiji

Dejan Škorjanc^{1*}
Maja Prevolnik Povše¹
Maksimiljan Brus¹

Povzetek. Ekološka reja prašičev predstavlja z 0,3 % najmanjšo nišo v reji domačih živali v državah EU. Razlog za to so predvsem težave pri zagotavljanju kakovostne ekološko pridelane krme za različne kategorije prašičev. Prepovedana je uporaba gensko spremenjenih organizmov, poleg tega morajo imeti reje svoje površine za pridelavo krme. Ekološka reja prašičev se lahko izvaja v sistemu zunaj (outdoor), znotraj (indoor) in mešano. Tip sistema reje je odvisen od zgodovinskih značilnosti in tradicije, ki jo imajo v posameznih delih držav EU. Enako velja tudi za izbiro primerne pasme prašičev. Večinoma se uporabljajo konvencionalne moderne pasme prašičev ali pa križanci, v nekaterih delih EU tudi njihove avtohtone pasme prašičev. Za vse sisteme ekološke reje prašičev je značilno, da zahtevajo zagotavljanje dobrega počutja živali in rejo živali na način, ki ne obremenjuje okolja. V prispevku so predstavljeni glavni sistemi ekološke reje prašičev z nekaterimi normativnimi zahtevami in nasveti za reševanje ali preprečevanje problemov.

1 Uvod

Ekološko kmetovanje predstavlja v državah Evropske unije (EU-27) hitro rastoči del kmetijstva, za katerega je značilno, da so tehnologije proizvodnje hrane v največji možni meri prijazne do okolja oziroma naravne. Temu primerno je naravnana tudi zakonodaja EU (Uredbe 834/2007, 889/2008, 505/2012, 836/2014), ki ima prednostno nalogo zaščititi naravne vire pred uporabo kemičnih pripravkov (pesticidi, umetna gnojila, farmacevtski preparati za živali, ipd.) in zagotavljati za domače živali ustrezen standard dobrega počutja živali. Ekološko kmetovanje prav tako prepoveduje uporabo gensko spremenjenih organizmov (GSO). Ekološko kmetijstvo zagotavlja potrošniku svežo, okusno in pristno hrano, ki je v EU tudi označena s posebnim logotipom.

Ocenjujejo, da je bilo v državah EU-27 v letu 2011 pod ekološkim načinom kmetovanja okoli 9,6 milijona ha površin (Facts and figures on organic agriculture in the European Union, 2013). Velikost površin se je močno povečala v zadnjih nekaj letih, saj je bilo še leta 2002 registriranih le okoli 5,7 milijona ha površin. V letu 2010 je bilo v EU registriranih več kot 186.000 ekoloških kmetij, katerih povprečna velikost je bila okoli 34 ha (kar je precej več kot v primeru konvencionalnih kmetij, ki imajo v povprečju okoli 14 ha površin). Večina ekoloških kmetij (83 %) in njihovih površin (78 %) je v starih članicah

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče

* E: dejan.skorjanc@um.si (D. Škorjanc)

(EU-15) - državah članicah EU pred širitvijo leta 2004. Države članice, ki so se EU pridružile po letu 2004 (EU-N12, še brez Hrvaške), predstavljajo izjemno hitro rastoči sektor s 13 % letnim povečanjem ekoloških površin med letoma 2002 in 2011, število ekoloških kmetij v teh državah pa se je med letoma 2003 in 2010 povečalo skoraj za desetkrat. Zanimivo je, da so ekološki kmetovalci v EU tudi nekoliko mlajši od konvencionalnih; 61,3 % ekoloških kmetovalcev je mlajših od 55 let, med tem ko je v konvencionalnih kmetijah pri tej starosti okoli 44,2 % kmetovalcev. Med državami EU obstajajo razlike v modelih ekološkega kmetovanja. Največji delež rabe ekoloških površin predstavljajo v državah EU pašne površine in sicer 43 %, ki jim sledijo površine pod žiti (13 %) in trajnimi nasadi (13 %).

Ekološka reja domačih živali v EU glede na celotno število domačih živali predstavlja le okoli 1 %. Ta del ekološkega kmetovanja se postopoma razvija. Največji delež ekološko vzrejenih živali v EU predstavljajo govedo, ovce in koze (okoli 3 % celotne prireje), sledi perutnina z okoli 1 % deležem ter prašiči z najnižjim staležem živali (v poprečju 0,3 %). Ključna težava za tako majhno število prašičev je v zagotavljanju ustreznih količin in kakovostne ekološke krme za prašiče (Facts and figures on organic agriculture in the European Union, 2013).

Z reformo skupne kmetijske politike za obdobje 2014-2020 postavlja EU nove okvirje s plačili za prehod iz konvencionalne na ekološko kmetovanje ali za ohranjanje ekološkega kmetovanja. S temi ukrepi se EU prilagaja vedno večjim zahtevam potrošnikov po pridelavi hrane na okolju prijazen način in živalim prijazne reje z višjim standardom zagotavljanja dobrega počutja domačih živali.

2 Ekološka reja prašičev v Evropi

Na način ekološke reje prašičev vplivajo številni dejavniki, ki so vezani na nacionalno zgodovino posamezne države, različne klimatske pogoje in nacionalne regulative, ki urejajo različne načine reje prašičev. V nekaterih državah poteka reja prašičev na paši, v drugih se reja odvija v hlevu, ponekod imajo kombinacijo reje v hlevu in zunaj njega. V vsakem primeru potrošniki pričakujejo, da imajo prašiči v ekološki reji visok standard zdravstvenega varstva in zagotovljene pogoje dobrega počutja. V povezavi z načinom vhlvitve in vodenjem reje živali se srečujejo ekološki rejci z različnimi izzivi v preprečevanju bolezni in z vzdrževanjem dobrega počutja živali.

Zakonodaja, vezana na ekološko rejo živali, ne predpisuje izbora genotipa, vendar pa standardi ekološke reje prašičev priporočajo uporabo tradicionalnih avtohtonih pasem, ki so dobro prilagojene na lokalne okoliške razmere. Za te pasme je značilna slabša plodnost, manjša sposobnost izkoriščanja krme, povečano nalaganje maščob v telesu ter manjši delež mesa v trupu. Te lastnosti dajejo spodbudo po uporabi selekcioniranih pasem ali njihovih križancev. V rejah v državah EU uporabljajo v ekoloških rejah različne pasme:

- v Avstriji in Švici se večinoma uporabljajo konvencionalne pasme (svinja: veliki beli × landras, merjasec: pietren (Avstrija) ali veliki beli (Švica)), izjemoma se uporabljajo pasme durok, *Scwäbisch Hällisches* ali pa križanci z obema,
- na Danskem se najpogosteje uporabljajo konvencionalne pasme (svinja: danski landras × jorkšir, merjasec: durok),

- v Nemčiji se uporabljajo konvencionalne pasme (svinja: nemški landras × nemški veliki beli, merjasec: pietren ali hempšir × durok),
- v Franciji se uporabljajo konvencionalne pasme (svinja: veliki beli × landras, merjasec: pietren),
- v Italiji 50% predstavljajo konvencionalne pasme (svinja: veliki beli, landras in durok ter križanci), 50% pa lokalne pasme kot je na primer *mora romagnola* in *cinta senese*,
- na Švedskem se večinoma uporabljajo konvencionalne pasme (svinja: švedski landras × jorkšir, merjasec: durok ali hempšir),
- v Veliki Britaniji majhne kmetije uporabljajo tradicionalne pasme, velike kmetije pa posebne linije prašičev, prilagojene za rejo na prostem.

Eden osnovnih pogojev ekološke prašičereje je manjša gostota živali na enoto površine. Ekološka prašičereja naj bi zagotavljala »udobje« in dobro počutje živali. V uredbi EC No 889/2008 (v aneksu III) je natančno določena zahtevana površina tal in izpustov za posamezno kategorijo prašičev (Preglednica 1).

Preglednica 1: Zahtevana minimalna površina notranjih in zunanjih delov hleva po prašiču različnih kategorij (Annex III, EC 889/2008)

	Znotraj (neto površina/žival)		Zunaj (površina za gibanje in ne za pašo)
	Telesna masa (kg)	m ² /žival	m ² /žival
Svinja s pujski, mlajšimi od 40 dni		7,5 (svinjo)	2,5
Prašiči za pitanje	do 50	0,8	0,6
	do 85	1,1	0,8
	do 110	1,3	1,0
	*preko 110	1,5	1,2
Pujski	starost>40 dni in telesna masa<30 kg	0,6	0,4
Prašiči za reprodukcijo	svinja	2,5	1,9
	merjasec	6**	8

*Ecocert. Organic pig farming (2012), ** Če se prostor uporablja za naravni pripust: 10 m²/merjasca.

Z omejevanjem površine tal na žival preprečujemo prekomerno pašo, zbitje tal, erozijo in onesnaževanje tal, povzročeno s prašiči in njihovim blatom in urinom. Prav tako je namen tega predpisa omejevati vnos dušika (N), ki ne sme presegati 170 kg na ha površine tal letno (Preglednica 2). V to količino so zajeti sveži in sušeni gnoj, kompostirani trdi ekskrementi, kompostirani gnoj in tekoči ekskrementi. Pri določanju gostote živali moramo biti pozorni tudi na direktivo 91/676/EEC, ki govori o varovanju vode pred onesnaževanjem z nitrati kmetijskega izvora. V primeru presežkov gnoja mora rejec imeti pogodbeno urejen odnos z drugim ekološkim kmetom, katerega površine bo uporabljal za gnojenje.

Preglednica 2: Maksimalno število živali na ha površine (Annex IV, EC 889/2008)

Kategorija prašičev	Minimalno število živali/ha v ekvivalentu do 170 kg N/ha/letno
Pujski	74
Plemenske svinje	6,5
Pitanci	14
Ostali prašiči	14

3 Prevladujoči sistemi v ekološki reji prašičev

V nasprotju s konvencionalnimi sistemi reje morajo imeti prašiči v ekološki reji možnost zunanjih izpustov. Na osnovi uredbe EC No 889/2008, ki ureja ekološko kmetovanje/rejo, obstajajo različne variante nacionalne interpretacije izvedbe reje prašičev z izpusti. Prašiči so lahko na rešetkah ali na polnih tleh, na globokem nastilju ter različnih variantah od odprtih do popolnoma pokritih delov hleva s streho. Nekatere privatne sheme so tudi ta del bolj natančno predpisale; tako npr. v Veliki Britaniji zahtevajo stalno pašo ekoloških prašičev, na Švedskem pa je dostop do paše za vse ekološke prašiče obvezen samo v času poletja. Sisteme reje ekoloških prašičev lahko v osnovi razdelimo na tri kategorije: reja v hlevih (*indoor*), reja zunaj oziroma na prostem (*outdoor*) in mešan sistem reje.

3.1 Reja v hlevu (*indoor system*)

V tem sistemu reje so živali nastanjene v hlevu in imajo možnost izpusta na prosto. Ta tip reje je značilen za osrednji del Evrope, predvsem za Avstrijo, Nemčijo, Švico, prav tako pa ga najdemo tudi v Sloveniji. Glede izvedbe hleva obstajajo številne različice; tovrstni hlevi so lahko opremljeni s ogrevalnim in/ali prezračevalnim sistemom, lahko pa so neizolirani hlevi z odprtim delom stranice hleva. Pri takšnih rejah je v hlevih posebno pozornost potrebno nameniti prostoru za svinjo. Svinja mora imeti možnost izražati svoje naravno obnašanje. V prostoru morajo biti ločena področja za ležanje, uriniranje in blatenje ter področja za različne druge aktivnosti. Tako se izognemo zdravstvenim težavam živali, ekonomskim izgubam in dodatnemu delu. V hlevu moramo zagotoviti tudi ustrezne mikroklimatske pogoje za svinje, pujske, odstavljene pujske in pitance.

Prednosti reje v hlevu:

- primerno za ostrejša klimatska področja s hladnimi zimami,
- učinkovit nadzor živali,
- manjše potrebe po površinah zemljišč,
- manjši negativen učinek na okolje zaradi distribucije gnojevke.

Pomanjkljivosti reje v hlevu:

- visoki stroški gradnje hleva in energije za ogrevanje,
- večinoma ne zadostuje pričakovanjem potrošnikov v zvezi z ekološko rejo prašičev,
- omejevanje naravnega obnašanja prašičev,
- večja gostota živali povečuje možnosti okužb z različnimi boleznimi,
- omejena prilagodljivost glede števila svinj in pitancev v reji,
- zahteva po večji tehnični opremljenosti,
- višje higienske zahteve reje zaradi reje prašičev različnih kategorij,

- svinje se nahajajo v prostorih z naravno in umetno osvetlitvijo,
- za preprečitev anemije morajo pujski čim prej po rojstvu dobiti železo (oralni preparat ali pa vbризgavanje).

3.2 Reja zunaj/na prostem (*outdoor system*)

Sistem reje na prostem predstavlja rejo prašičev zunaj preko celega leta, pri čemer imajo živali na voljo majhne objekte (»hiške«) ali pa naravno zavetje. Ta sistem reje je razširjen v Veliki Britaniji, na Danskem in v Italiji. Največji tehnološki problem reje je zagotoviti pravilno rotacijo čredink na paši na način, da ohranjamo pokritost z vegetacijo, zagotovimo biološko varnost za živali ter identificiramo morebitne zdravstvene probleme in jih pravilno obravnavamo (zdravimo). Drugi tehnološki izziv pa je, kako takšno rejo voditi s čim nižjo delovno intenzivnostjo. Na Danskem so vse breje svinje zunaj skozi celo leto. Breje svinje so na paši minimalno 150 dni. Večina pujskov je sicer po odstavitvi v hlevu, prav tako pitanci, vendar pa je zelo razširjen način reje prašičev, da so do 30 kg telesne mase zunaj, potem pa jih rejci premaknejo v hlev. V Italiji je 95% brejih in odstavljenih svinj v reji zunaj. Pitanci so ali zunaj (okoli 60%) ali pa v hlevu z izpusti (40%).

Prednosti reje na prostem:

- manjši stroški gradnje objektov,
- izpolnjena pričakovanja potrošnikov glede ekološke reje,
- boljši pogoji za izražanje naravnega obnašanja s pozitivnim učinkom na zdravje in dobro počutje,
- manjša gostota naselitve živali in dobra kakovost zraka, kar pozitivno učinkuje na zdravje živali,
- dostop do naravne svetlobe,
- učinkovita uporaba gnoja v primeru, da je reja integrirana v kolobarjenje rastlin in se »hiške« in področja krmljenja pravočasno premikajo, kar zagotavlja ustrezna hranila za naslednje rastline in preprečuje glavne izgube zaradi izpiranja tal,
- vegetacija in zemlja zagotavljata večino potrebnih količin vitaminov in mineralov za živali na paši,
- anemija je prisotna dokler pujski ne najdejo dovolj železa v tleh.

Pomanjkljivosti reje na prostem:

- prevelika gostota živali - 15 svinj/ha/leto lahko na zunanjih površinah povzroči, da imamo velik vnos hranil v zemljo in možnost izpiranja dušika,
- razdalje lahko predstavljajo logistične probleme (še posebno v času mrzlega in vlažnega dela leta),
- zahtevana je skrbna kontrola proti parazitom,
- zmanjšana je biološka varnost zaradi možnosti različnih okužb (velika možnost za okužbe z zajedalci iz tal in kontakta z divjimi živalmi),
- težja kontrola (identifikacija in oskrba bolnih živali),
- nadzor svinje v času poroda in po njem je v tem sistemu reje precej otežen,
- majhni pujski so lahko žrtev plenilcev kot so krokar, lisica in celo jazbec.

3.3 Mešani sistemi reje

Mešani sistemi reje, najpogosteje prisotni v Franciji in na Švedskem, omogočajo izkoriščanje najboljših praktičnih delov obeh že omenjenih sistemov (hlevske reje z izpusti in reje na prostem). Praktična uporaba kombiniranega sistema je odvisna od klimatskih pogojev in preteklih izkušenj. Kombiniran sistem reje omogoča svinji, da je na paši v različnih fazah življenja. V nekaterih rejah so svinje v hlevu, 10 dni po praritvi pa jih selimo v skupinske bokse ali ven na pašo, kjer ima vsaka svojo »hiško«. Odstavljence in pitance imamo običajno v reji v hlevu v skupinskih boksih z možnostjo izpusta s polnimi tlemi. V času poletja imajo odstavljenici in pitanci dostop do paše ali pa so preseljeni na pašo s »hiškami«. V Franciji okoli 80% svinj prasi zunaj, 20% pa v hlevu. Po odstavitvi 70% svinj ostane zunaj na paši ali v svojih »hiškah« z zunanjim delom z nastiljem. Okrog 95% pitancev je v hlevski reji, ki imajo eno stran hleva odprto/zaprto z ograjo.

Prednosti mešanega sistema reje:

- v hlevu je omogočena dobra kontrola svinje in pujskov v času praritve,
- po 10. dneh sledi selitev svinje in pujskov v skupinski prostor ali v zunanji sistem reje, kar ima pozitiven učinek na povečanje konzumacije krme in proizvodnje mleka v okolju, ki je bolj stimulirajoče in nekoliko hladnejše kot v objektu,
- reja v »hiškah« je v času poletja bolj higienska, saj omogoča enostavnejše čiščenje prav tako pa omogoča tudi v hlevu, da se očistijo boksi/prostor in da ostanejo nekaj časa le-ti tudi prazni.

Pomanjkljivosti mešanega sistema reje:

- premik brejih svinj iz zunanje v notranjo rejo (notranji praritveni boks) lahko povzroči klimatski stres za svinjo,
- v času, ko je svinja v laktaciji in v skupinski reji (3 do 5 svinj), moramo zagotoviti individualno primerno oskrbo svinje z mobilno opremo.

Priporočila:

- rejci morajo posebno pozornost nameniti kontroli mikroklimatskih pogojev pujskov po rojstvu,
- voditi je potrebno strategijo zmanjševanja nevarnosti okužb z zajedavci,
- potrebno je izvajati selekcijo dovolj robustnega genotipa prašičev z dovolj velikimi gnezdi.

4 Značilnosti reje posameznih kategorij prašičev

4.1 Svinje v laktaciji

4.1.1 Vhlevitev in management

EU regulativa zahteva, da ima svinja v laktaciji s pujski vsaj 10 m² površine, pri čemer mora imeti vsaj 2,5 m² izpusta (Preglednica 2). Svinja v laktaciji ne sme biti vkleščena, čeprav je v nekaterih rejah svinja kljub temu v času praritve nekaj dni vkleščena. V zunanjih rejah so svinje s pujski v posameznih ogradah, vendar pujski lahko krožijo med ogradami. V nekaterih rejah, tako v sistemih hlevske reje kot tudi sistemih reje na prostem, so svinje v laktaciji prvih nekaj dni/tednov po praritvi v skupinah. V obdobju prvih nekaj dni po praritvi je pri svinjah prisotna nevarnost pojava obolenja MMA (mastitis-metritis-agalakcija).

Priporočila za rejo svinj v času laktacije:

- preveriti moramo temperaturo (T) v prostoru, predvsem spodnjo in zgornjo kritično T; v ekstenzivnih pogojih reje na nastilju z ustrezno konzumacijo krme mora biti za svinje v laktaciji spodnja in zgornja kritična T 7 in 26°C, za presušene svinje pa 12 in 31 ° C,
- zagotoviti je potrebno oskrbo z vodo s pretokom 2-3 l/min,
- oskrbo s krmo moramo prilagoditi potrebam brijih svinj,
- svinjo moramo nadzorovati pred in po praritvi, preverjati njeno rektalno T in nemudoma ukrepati v primeru T med 40 in 42° C zaradi možnosti pojava MMA (napete, trde mlečne žleze, izpad (ali zelo majhne količine) mleziva, smrdljiv gnojni izcedek iz nožnice, svinja obrnjena na trebuh (pujski ne morejo sesati), odsotnost apetita, apatičnost in depresivnost, trdo blato itd.).
- svinji je potrebno ponuditi ustrezen prostor za ležanje in blatenje, možnost gibanja in dostop do voluminozne krme,
- pripraviti je potrebno strategijo zdravstvenega varstva, načrt cepljenj in kontrole črevesnih zajedavcev.

Nadzor rejca in njegovo posredovanje v času praritve:

- rejec mora odstraniti posteljico oziroma njene membrane okoli pujskovega rilca, da se le-ta ne zaduši,
- novorojene pujske je potrebno posušiti in jih postaviti pod ogrevalno luč, s čimer se prepreči podhladitev,
- pujskom pomagamo pri porodu, da ne bi zastajali v porodnem kanalu in s tem podaljševali čas poroda,
- preveriti moramo, ali je dovolj mleziva v mlečnih žlezah,
- po porodu namenimo pozornost svinji in pujskom, da lahko pravočasno ukrepamo v primeru MMA,
- rejčeva pomoč svinji v času poroda lahko tudi povzroči prekinitev poroda, izvlačenje pujskov iz maternice pa lahko povzroči okužbe, ki se kasneje odražajo v obliki MMA in plodnostih motenj.

Zagotavljanje ustreznih pogojev poroda:

- rejčeva pomoč svinji se ne sme zgoditi prezgodaj,
- dlani in roke morajo biti čiste, priporočljiva je uporaba rokavic,
- breji svinji moramo zagotoviti možnost gibanja,
- pred porodom svinji zagotovimo mirno okolje, ki je bogato z nastiljem (npr. slamo), da lahko gradi gnezdo.

4.1.2 Stres zaradi mraza in vročine

Večina svinj v našem geografskem področju se srečuje tako z mrzlo sezono kot tudi z obdobjem, ki ga spremljajo visoke dnevne temperature. Vročinskemu stresu so bolj podvržene svinje v laktaciji z visoko presnovno aktivnostjo, visokimi potrebami po konzumaciji krme, znižanim apetitom in visoko proizvodnjo mleka. Presušene svinje so veliko bolj občutljive na stres, ki nastane zaradi mraza, predvsem zaradi restriktivnega načina krmljenja.

Priporočila za preprečevanje temperaturnega stresa:

- zagotoviti moramo ustrezno senco, kalužanje ali razprševanje vode in tako zmanjšati vročinski stres,
- zagotoviti moramo ustrezne »hiške« oziroma prostor z dovolj nastilja, da zmanjšamo stres zaradi mraza.

4.1.3 Higiena

Čiščenje in dezinfekcija je najboljši način kontrole najpogosteje prisotnih glist v svinjah, črvov *Oesophagostomum* spp. in rdečega trebušnega črva (*Hyostrogylus rubidus*), ki se prenašajo preko prosto živečih ličink. V konvencionalnih rejah je možno izvajati sistem »all in« in »all-out«, kjer brez težav izvedemo čiščenje, dezinfekcijo in sušenje prostorov ter opreme. V ekološki reji z manjšimi čredami je izvajanje omenjenega sistema omejeno. Dezinfekcija ima zelo majhen vpliv na zmanjševanje prisotnosti črvov *Ascaris suum*, ki so zavarovani z močno jajčno lupino. Pri sistemih reje na prostem je prašiče zelo težko zavarovati pred patogeni, ki jih prenašajo divje živali in obiskom divjih živali.

Priporočila za zagotavljanje higiene:

- med dvema naselitvama je potrebno prostor temeljito očistiti blata in druge umazanije (še posebno v kotih), očistiti je potrebno ozke odprtine in krmilna korita ter napajalnike (voda s T 40 ° C pomaga pri čiščenju sprijete umazanije in blata živali),
- navlažiti je potrebno površine boksa z vodo in jih pustiti stati nekaj ur, nato pa sprati z vodo pod pritiskom
- pred prihodom nove skupine živali morajo prostori biti suhi in dezinficirani - osušitev prostorov je ključnega pomena za zmanjševanje števila jajčec parazitov in ličink, pri tem pomaga tudi UV svetloba,
- svinjo pred premestitvijo v porodni boks oziroma prostor očistimo s toplo vodo in krtačo,
- premik »hišic« omogoča čistejšo okolje in možnost zmanjšanja prenosa kokcidiozne okužbe (*Isospora suis*), ki povzroča drisko pri majhnih pujskih.

4.2 Sesni pujski

Laktacija v ekološki reji je v primerjavi s konvencionalno rejo, kjer traja 3 do 5 tednov, daljša. Standard ekološke reje prašičev zahteva laktacijo dolgo vsaj 40 dni, v nekaterih državah je predpisana dolžina laktacije 8. tednov. Odstavitev pri 7. tednu starosti je veliko primernejša zaradi pozitivnega vpliva na zdravje pujskov, vendar pa moramo biti pazljivi pri svinjah v slabi kondiciji, saj lahko s tem povzročimo zmanjšanje reprodukcijskih lastnosti. Mlečnost svinje narašča po 2. tednu starosti pujskov. Pri hitro ravnih pujskih mleko samo ne more pokrivati vseh potreb po hranilnih snoveh. Pujskom moramo zato omogočiti dostop do »trde« krme, ki je prilagojena njihovi sposobnosti prebavljanja kot tudi njihovim zahtevam za pokrivanje vzdrževalnih potreb in potreb za rast. Krma pujskov mora biti zaščiten pred možnostjo zauživanja s strani svinje. S »trdo« krmo lahko pokrivamo med 1 % do 50 % potrebne presnovne energije pujskov v času med 21. in 40. dnevno starosti. Oskrba z vodo mora biti sesnim pujskom zagotovljena od rojstva naprej. Pujski potrebujejo svoje napajalnike, prilagojene njihovi velikosti, da lahko razvijejo obnašanje pitja vode. V poletnem vročem obdobju moramo pujskom pri starosti okoli 4. tednov zagotoviti tudi dovolj velik pretok vode v ceveh kot tudi ustrezno kakovost vode.

4.2.1 Smrtnost pujskov

Smrtnost pujskov je v času laktacije največkrat povezana s pleganjem svinje ali pa z njihovo šibkostjo oziroma stradanjem. Smrtnost pujskov se poveča v primeru podhladitve ali ležanja ob svinji v hladnem okolju, premajhne tvorbe mleziva oziroma mleka, prevelikega gnezda, nezadostnega zavarovanja pujskov pred svinjo (ni gnezda za pujske ali preprek, ki bi svinji preprečevale pleganje pujskov). Rizična so predvsem gnezda z velikim številom pujskov, saj imajo pujski z nižjo telesno maso tudi nižjo preživitveno sposobnost. Nadalje je problematična izčrpanost svinj zaradi daljših porodov, zmanjšana vnosa mleziva, manjše število funkcionalnih seskov ipd.

Priporočila za zmanjševanje smrtnosti pujskov:

- zagotoviti je potrebno ustrezne pogoje za prasitev v prasiatvenem boksu z dovolj prostora (vsaj $2,2 \times 2,2$ m² površine za ležanje), oblikovati ustrezno strukturo porodnega boksa z dovolj nastilja, z ustrezno površino za krmo (krmilno korito) za svinjo in pujske,
- opazovati moramo potek poroda, vendar na način, da ne motimo svinje,
- prilagoditi moramo velikost gnezda glede na število funkcionalnih seskov,
- velike pujske, rojene med prvimi, po zaužitju mleziva umaknemo pod ogrevalni del gnezda, s čimer omogočimo sesanje lažjim in šibkejšim pujskom brez tekmovanja za seske,
- uporaba svinj z ustrezno velikostjo gnezda za obnovo črede,
- uporaba pujskov z visoko rojstno telesno maso za izenačevanje velikosti gnezda.

4.2.2 Hladno okolje

V primeru hladnega okolja moramo pujskom zagotoviti dodatno toploto s pomočjo grelnih luči ali ogrevalnih tal. Na neizoliranih tleh je na njih potrebno zagotoviti sloj nastilja na vseh mestih, kjer pujski ležijo. Površine morajo biti suhe, tople in primerno osvetljene z ogrevalnimi lučmi. Pujske je potrebno naučiti uporabiti te površine (npr. tako da majhne pujske za kratek čas zapremo na teh površinah ob ustrezni ventilaciji).

4.2.3 Blatno okolje

V sistemih reje na prostem lahko slaba drenaža tal povzroča zdravstvene probleme in povečano smrtnost zaradi vlage in umazane. V takšnem vlažnem okolju preživijo in se razvijajo bakterije in paraziti.

Priporočila za preprečevanje blatnega okolja:

- za prasiatveni prostor je potrebno porabljeni tla z dobro drenažo,
- uporabiti je potrebno tla, ki so dobro pokrita z vegetacijo,
- v primeru, da tla postanejo blatna, pred vhom pokladamo slamo, da se živali na njej delno posušijo in potem vstopijo v prostor.

4.2.4 Plenilci

Večji plenilci lahko sesne pujske brez težav odnesejo. Vrane lahko novorojene in šibke pujske kljuvajo in s tem ranijo ali celo ubijejo. Lisice pujske ubijejo in pojedjo. Njihova prisotnost na področju prasiatvenih boksov in »hišk« povzroča nemir pri svinjah, zaradi česar lahko polegajo pujske.

Priporočila za zaščito pred plenilci:

- prasiatvene »hiške« ob vhodu opremimo z zavesami, ki pticam preprečujejo vstop v prostor,
- posoda za krmo naj ima pokrov, ki zmanjšuje oziroma preprečuje možnost, da bi ptice zauživale krmo ali blatile vanjo,
- okolico »hišk« in področij, kjer potekajo prasiatve, je potrebno ustrezno zaščititi z ograjami (teško je doseči učinkovito zaščito pred lisicami),
- zagotoviti moramo kontrolo nad lisicami v okolici kmetij (možnost uporabe psov).

4.3 Odstavljeni pujski

4.3.1 Vhlevitev

Odstavljeni pujski morajo imeti v prostoru na voljo nastilj in izpust. Odstavljeni pujski se srečujejo s stresom, ki nastane zaradi odstavitve od matere, menjave krme in menjave okolja ter pogosto zaradi združevanja pujskov iz različnih gnezd v eno skupino. Po odstavitvi se pogosto pojavlja driska pujskov, ki zahteva ustrezne zdravstvene ukrepe.

Priporočila:

- odstavljenca je potrebno vhljevati v ločeno zgradbo ali ločene »hiške«,
- število in obliko boksov/prostorov je potrebno prilagoditi sistemu, če je možno uporabimo sistem »all-in all-out«,
- poskrbeti moramo za izolirano in toplo področje za odstavljenca,
- več prostora, ko ga bodo pujski imeli, manj stresa lahko pričakujemo,
- pujskom moramo ponuditi področje z nastiljem in dobro drenažo, ki je ustrezno oddaljeno od področja za uriniranje in blatenje,
- pujske pustimo še 48 ur po odstavitvi v prostoru brez svinje, s čimer zmanjšamo poodstavitveni stres,
- oblikujemo skupino prašičev približno enake velikosti - majhne pujske damo v poseben ločen prostor in jim s tem omogočimo normalen dostop do krme in vode in zmanjšamo stres ter njihovo občutljivost za bolezni.

4.3.2 Vodenje reje (management)

Priporočila:

- skrbno spremljanje pujskov omogoča pravočasno ukrepanje, s čimer zmanjšujemo možnosti obolenj,
- vsakodnevno preverimo pujske, posebej smo pozorni na spuščene repe, mehko blato in spremenjeno obnašanje,
- bolne pujske ločimo v poseben prostor, dokler si ne opomorejo,
- po praznjenju prostore vedno ustrezno očistimo in posušimo; s tem zmanjšamo možnosti parazitskih infekcij (*Ascaris suum*, ki povzročajo na jetrih bele lise, parazitske nematode *Trichuris suis*) v času pitanja,
- reja na prostem zahteva čiste pašne površine, zato ker nekateri notranji zajedavci (*Ascaris suum* in *Trichuris suis*) preživijo v zemlji tudi do sedem let,
- pripraviti je potrebno načrt zdravstvenega varstva vključno z jemanjem vzorcev blata in krvi ter z načrtom preprečevanja in kontrole notranjih in zunanjih zajedavcev,
- notranje zajedavce lahko učinkovito zatiramo na način, da preprečujemo stik domačih prašičev z divjim prašičem.

4.3.3 Oskrba z vodo in krmo

Odstavljenim pujskom je potrebno zagotoviti ustrezno oskrbo z vodo.

Priporočila:

- na en napajalnik ne sme biti več kot 10 pujskov,
- pujski lažje pijejo iz čašastih napajalnikov kot preko »niplov«,
- napajalniki morajo biti čisti,
- pred odstavitvijo morajo pujski že biti sposobni zauživati »trdo« krmo, ki mora biti za pujske dovolj privlačna,
- spremembe v obroku je priporočljivo izvajati postopoma, saj nenadne spremembe pogosto povzročajo zmanjšanje konzumacije krme.

5 Krmljenje prašičev v ekološki reji

Zahteve prašičev po krmi in krmljenju v ekološki reji se v ničemer ne razlikujejo od zahtev prašičev v konvencionalni reji. Bistvena razlika nastopi v uporabi krmil, ki jih imamo na razpolago, da pokrijemo potrebe živali za rast in razvoj, ter s tem omogočimo kakovostno prirejo. Glavne omejitve izvirajo iz krmil in hranilne vrednosti krmil, ki so nam na razpolago za oblikovanje obrokov, ki odgovarjajo različnim kategorijam živali. V primeru pomanjkanja krme in krmil lahko na kmetijskem posestvu del krme iz ekološke pridelave tudi dokupijo, vendar mora vsaj 20 % krme izvirati iz domačega kmetijskega gospodarstva (EU 505/2012).

Krma, ki jo uporabljamo za prehrano živali, mora izvirati iz ekološke pridelave, razen izjemoma (do 5%), kadar določene surovine primanjkuje ali pa so potrebe po njej v proizvodnji živali tako velike, da jih za krajši čas ni mogoče drugače nadoknaditi (EU 889/2008, EU 836/2014). Krma mora odgovarjati prehransko fiziološkim potrebam živali v različnih razvojnih obdobjih in pokrivati njihove potrebe po hranilih (Lindermayer in Reichel, 2008). V dnevnem obroku morajo imeti živali na razpolago svežo, silirano ali vlakninasto krmo in vsaj eno uro časa za zauživanje (EU 889/2008). Ključnega pomena je analiza krme, s katero dobimo podatek o hranilni vrednosti in rudninski sestavi krmil. Na osnovi teh podatkov lahko sestavimo krmne obroke za posamezen kategorije živali in dopolnimo manjkajoča hranila.

Za doseganje visokih prirastov in mesnatosti je pomembna uravnoteženost med energijo in beljakovinami v obroku za prašiče. Za praktično oblikovanje obrokov za prašiče z vidika pokrivanja potreb po energiji nimamo težav; večinoma uporabljamo žita, predvsem ječmen. Nasprotno pa imamo z vidika sestave obroka v ekološki reji težave pri pokrivanju potreb po beljakovinah, še posebej esencialnih aminokislinah, kot so lizin, metionin, cistin, treonin in triptofan, ki jih samo z surovinami rastlinskega izvora težko uravnotežimo v takšni meri, da bi pokrili potrebe živali, v sintetični obliki pa jih ne smemo dodajati (EU 889/2008). Pomembni viri proteinov so npr. bob, krmni grah, volčji bob, posneto mleko in beljakovine iz krompirja (Lindermayer in Reichel, 2008). Več o krmilih, ki so na voljo za uporabo v ekološki reji je opisano v *Poglavju 5 - Beljakovinska in druga alternativna krmila in njihovi stranski proizvodi v pitanju prašičev*.

V prehrani plemenskih svinj mora biti vodilo življenjska proizvodnja. Svinja lahko zaužije med 8 in 15 kg trave, pri tem pa z 12 kg že pokrije svoje potrebe po beljakovinah. Pri oskrbi bregih svinj moramo poskrbeti, da se v obdobju bregosti ne zamastijo preveč in da

hkrati ne stradajo. Pokritje potreb po beljakovinah zagotovimo z zrnatimi stročnicami. V obroku brejih in doječih živali naj vlakninska krma predstavlja do 25 %. Pri energetsko bogatem obroku (12,5 MJ ME/kg) obstaja velika verjetnost, da se bodo svinje, ki imajo relativno veliko kapaciteto zauživanja krme zamastile (Lindermayer in Reichel, 2008).

Prehranske potrebe svinj v laktaciji so zelo visoke, zato je potrebno uporabljati krmila z visoko biološko vrednostjo. Po podatkih iz literature je povprečna zmožnost zauživanja krme pri mladnicah okoli 4-5 kg krme in pri starih svinjah okoli 5-7 kg popolne krmne mešanice. Pri tem svinje manjšega okvira zauživajo še manj krme. Iz tega razloga je potrebno paziti, da svinje z večjim številom pujskov dobijo krmo z dobro prebavljivostjo (nad 80 %). Zadovoljivo zauživanje krme je običajno težko doseči, še posebej pri svinjah z velikim gnezdrom ter posledično proizvodnjo mleka do 14 kg na dan. Takšne živali težje pokrivajo potrebe po energiji in beljakovinah, zato še posebej ob pomanjkljivi oskrbi začno mobilizirati telesne rezerve, kar se pozna na izgubi telesne mase, posledice pa se kažejo v težavah z reprodukcijo. Glede na priporočila naj svinje v času laktacije ne bi izgubile več kot 15 kg telesne mase (Lindermayer in Reichel, 2008).

Novorojeni pujski morajo v prvih urah življenja dobiti mlečivo, ki jim ne zagotavlja samo nujno potrebnih hranil, ampak tudi razvoj pasivne imunosti in s tem zdravo rast in razvoj v danem okolju. Za ekološko rejo je predpisano minimalno 40 dnevno sesno obdobje pujskov (EU 889/2008). Slovenska zakonodaja predpisuje 6 tedensko laktacijo (42 dni). Že v času laktacije morajo imeti pujski dostop do »trde« krme, ki je prilagojena njihovi sposobnosti prebavljanja kot tudi njihovim zahtevam za pokrivanje vzdrževalnih potreb in potreb za rast, kar je ključnega pomena za ustrezno konzumacijo po odstavitvi.

Pitanje prašičev mora biti vsaj dvofazno. Na začetku pitanja moramo pozornost nameniti velikim potrebam po beljakovinski krmi (30-70 kg telesne mase), medtem ko moramo ob koncu pitanja (70-120 kg telesne mase) živalim omejiti količino energije v obroku. Na začetku pitanja lahko ponudimo krmo po volji (13,0 MJ ME/kg krme), proti koncu pitanja pa pokladamo živalim 2,5-2,7 kg krme na dan (Lindermayer in Reichel, 2008). V ekološki reji morajo imeti prašiči ves čas pitanja na voljo tudi vlakninasto krmo (seno, zeleno krmo ali silaže; Uredba 889/2008). Silažo krmimo v omejeni količini in jo iz obroka odstranimo v zadnjih tednih pred predvidenim zakolom, da ne poslabšamo maščobnokislinske sestave maščobe (Lindermayer in Reichel, 2008).

Viri

- Bavec M, Robačar M, Repič P, Štabuc Starčevič D, 2012. Sredstva in smernice za ekološko kmetijstvo. Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Maribor, 158 str.
- Ecocert. Organic pig farming. Guidelines no. 22: Rules for organic pig production in accordance with EU Regulations (EC) no. 834/2007 and (EC) no. 839/2008, 13 str.
http://www.ecocert.com/sites/default/files/u3/TS22-EC-v02en_Pig%20farming.pdf
(22.6.2015)
- Edwards S, 2002. Feeding organic pigs. University of Newcastle, Newcastle, 60 str.
- Facts and figures on organic agriculture in the European Union. DG Agriculture and Rural Development, Unit Economic Analysis of the EU Agriculture, European Union, October 2013, 44 str. http://ec.europa.eu/agriculture/markets-and-prices/more-reports/pdf/organic-2013_en.pdf (22.6.2015)

- Früh B, 2011. Organic pig production in Europe. Health management in common organic pig farming. Technical guide. FiBL (Ur. J Foster, G Weidmann. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, Switzerland, 12 str.
<https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1549-organic-pig-production-europe.pdf>
(22.6.2015)
- Izvedbena uredba komisije (EU) št. 505/2012 z dne 14.6.2012 o spremembi in popravku Uredbe (ES) št. 889/2008 o določitvi podrobnih pravil za izvajanje Uredbe Sveta (ES) št. 834/2007 o ekološki pridelavi in označevanju ekoloških proizvodov glede ekološke pridelave, označevanja in nadzora.
- Izvedbena uredba Komisije (EU) št 836/2014 z dne 31. julij 2014 o spremembi Uredbe (ES) št 889/2008 o določitvi podrobnih pravil za izvajanje Uredbe Sveta (ES) št 834/2007 o ekološki pridelavi in označevanju ekoloških proizvodov glede za ekološke pridelave, označevanja in nadzora.
- Lindermayer H, Reichel P, 2008. Schweinefütterung in Ökobetrieb I. Arbeitsbereich Schweinefütterung. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Freising, 60 str.
- The rapid growth of EU organic farming. Key facts and figures. EU Agriculture Markets Briefs, No. 3, July 2011, 6 str.
http://ec.europa.eu/agriculture/markets-and-prices/market-briefs/pdf/03_en.pdf
(22.6.2015)
- Uredba Sveta (ES) št. 834/2007 z dne 28. junija 2007 o ekološki pridelavi in označevanju ekoloških proizvodov in razveljavitvi Uredbe (EGS) št. 2092/91.
- Uredba Sveta (ES) št. 889/2008 z dne 5. septembra 2008 o določitvi podrobnih pravil za izvajanje Uredbe Sveta (ES) št. 834/2007 o ekološki pridelavi in označevanju ekoloških proizvodov glede ekološke pridelave, označevanja in nadzora.

Poglavje 8

Rastlinske bioaktivne snovi v prehrani prašičev

Vida Rezar^{1*}
Mojca Voljč¹
Tamara Korošec¹
Urška Tomažin²
Janez Salobir¹

Povzetek. Zaradi prepovedi uporabe antibiotikov v prehrani živali in vedno večje osveščenosti porabnikov se za doseganje boljših proizvodnih rezultatov pojavlja zahteva po uporabi naravnih in hkrati varnih prehranskih dodatkov. Rastline in njihovi deli ter ekstrakti se v prehrani domačih živali uporabljajo za izboljšanje ješčnosti in prebave, za preprečevanje in zdravljenje nekaterih patoloških stanj, za stimuliranje fizioloških funkcij, kot barvila in kot antioksidanti. Bioaktivne snovi, ki jih živali zaužijejo s krmo, lahko izboljšajo kakovost mesa, predvsem je pomemben vpliv na zmanjšanje oksidacije maščob in beljakovin, s čimer se podaljša obstojnost mesa in mesnih izdelkov. Po drugi strani imajo nekatere rastlinske bioaktivne snovi, ki jih najdemo v krmi, antinutritivno delovanje in lahko ne le zmanjšajo prirejo, temveč so lahko tudi toksične. Zato moramo biti v primeru uporabe rastlin, ki so bogate z bioaktivnimi oziroma njihovimi izvlečki, previdni in natančno preučiti njihove možne učinke, tako pozitivne kot negativne. O rastlinskih bioaktivnih snoveh na žalost zaenkrat vemo premalo, da bi lahko bili prepričani o njihovih učinkih in z njimi preprosto zamenjali uveljavljene krmne dodatke kot so organske kisline, probiotiki, prebiotiki in antioksidanti, med slednjimi predvsem vitamina E in C. V poglavju je predstavljen pregled dosedanjih znanstvenih dognanj o uporabi rastlinskih bioaktivnih snovi v prehrani prašičev in njihov vpliv na prirejo, kakovost mesa in mesnih izdelkov.

1 Uvod

Le kakovostna krma brez škodljivih kemikalij skupaj s primerno higieno, neoporečno vodo in menedžmentom je lahko zagotovilo za proizvodnjo hranilnih, naravnih prehranskih proizvodov z zaželenimi organoleptičnimi lastnostmi (Saxena, 2008). Zdrave živali so predpogoj za zdrave živalske proizvode, trend v živalski in humani prehrani se je v zadnjih letih na globalnem trgu vrnil nazaj k dodatkom naravnega izvora. Uporaba zelišč, začimb in njihovih ekstraktov sega že tisočletja nazaj na področje Egipta, Indije, Kitajske in stare Grčije, kjer so bili cenjeni zaradi svoje značilne arome in zdravilnih lastnosti. V prehrani živali so potencialno uporabni kot pospeševalci rasti in terapevtske snovi, ki se uporabljajo za zdravljenje določenih bolezni. Z njimi lahko nadomestimo

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

² Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana

* vida.rezar@bf.uni-lj.si (Vida Rezar)

antibiotike, vsebujejo snovi, ki ugodno vplivajo na imunski sistem in služijo kot obramba pred bakterijami in virusi. Ker pa ob vključevanju teh snovi v krmo domačih živali težko slonimo na tisočletja starih prepričanjih o zdravilnih vplivih določenih rastlin oz. njihovih učinkovin, morajo biti vedenja o učinku specifičnih rastlin in njihovih posameznih aktivnih komponent na zdravje in produktivnost živali znanstveno podkrepljena. Iskanje novih alternativ za zamenjavo v EU prepovedanih nutritivnih antibiotikov in splošna večja osveščenost potrošnikov, še dodatno spodbujajo k natančnemu proučevanju možnosti uporabe rastlinskih bioaktivnih snovi kot naravnih krmnih dodatkov. Rastline in njihove učinkovine je potrebno natančno preučiti, določiti primerno dozo, način in pogostost doziranja in ugotoviti mehanizme delovanja pri različnih živalih. Vključevanje rastlinskih bioaktivnih snovi v prehrano živali lahko ponudi trajnostno, cenovno ugodno in okolju prijazno alternativo sintetičnim kemikalijam. Mora pa biti uporaba rastlin z bioaktivnim delovanjem in njihovih učinkovin upravičena in dokazano izboljšati zdravje in/ali produktivnost živali, hkrati mora biti v skladu z veljavnimi predpisi.

Glavno vodilo živalske proizvodnje je zagotoviti visoko produktivnost, zdrave živali in kakovostne živalske proizvode, ki so stabilni in primerni za nadaljnjo predelavo. V tem pogledu rastlinske bioaktivne snovi niso samo stimulatorji ješčosti in prebave, ampak lahko z vplivom na številne druge fiziološke procese zagotavljajo splošno dobro počutje in zdravje živali, kar ugodno vpliva na njihovo produktivnost. Po drugi strani je njihova uporaba lahko problematična, saj nekatere med njimi vsebujejo antinutritivne snovi, ki preko negativnega vpliva na zauživanje krme, prebavljivost hranil, mikrofloro in zdravstveno stanje prebavil in organov ter delovanje imunskega sistema močno poslabšajo zdravje živali. Zato moramo biti pri dodajanju različnih rastlin, njihovih delov ali ekstraktov v krmo živali zelo previdni, o njih namreč na splošno vemo premalo da bi lahko z njimi kratko malo zamenjali uveljavljene dodatke kot so organske kisline, probiotiki, prebiotiki, antioksidanti (npr. vitamin E).

2 Rastlinske bioaktivne snovi

Bioaktivne snovi so sekundarni metaboliti, ki jih proizvajajo rastline in imajo farmakološke ali toksične učinke pri človeku in živalih. Čeprav imajo tak učinek tudi nekatere druge snovi rastlinskega izvora, s tem mislimo predvsem vitamine in minerale, teh ne uvrščamo med bioaktivne snovi. Sekundarni metaboliti nastajajo v rastlinah poleg snovi, ki nastajajo v primarnih biosintetskih in presnovnih poteh in služijo za rast in razvoj rastlin (ogljikovi hidrati, beljakovine, maščobe). V rastlinah torej nimajo primarne vloge, rečemo lahko, da so snovi, ki nastajajo na »stranskih poteh«, saj niso nujne za delovanje rastline. Filogenetsko nastajajo po naključju, vendar njihova vloga ni zanemarljiva (Bernhoft, 2010). Na grobo ocenjeno je takih rastlinskih snovi okrog 80 000. Nekatere od teh snovi imajo lahko visoko prehransko vrednost, medtem ko je druge nimajo, oziroma imajo celo antinutritivne lastnosti (Acamovic in Brooker, 2005). Nekaj predstavnikov sekundarnih metabolitov ima pomembno funkcijo pri samih rastlinah, flavonoidi na primer ščitijo pred škodljivimi kisikovimi radikali, ki nastajajo pri fotosintezi, terpenoidi privabljajo opraševalce in zavirajo rast zajedalskih rastlin, alkaloidi odvrčajo rastlinojede živali ali privabljajo žuželke. Druge vrste sekundarnih metabolitov delujejo kot celične signalne molekule ali imajo drugačno vlogo. To, da rastline proizvajajo sekundarne metabolite, je torej bolj pravilo kot izjema, saj je večina rastlin te snovi sposobna proizvajati. Vsebujejo pa tipične zdravilne ali strupene

rastline večje količine bolj učinkovitih bioaktivnih snovi kot rastline, ki jih uporabljamo za vsakodnevno prehrano oziroma krmo (Bernhoft, 2010).

Za klasifikacijo bioaktivnih snovi se uporabljajo različni načini, najpogosteje glede na izvor in način pridobivanja npr. zelišča in začimbe, eterična olja, oleoresini. Znotraj skupin lahko vsebnost aktivnih snovi močno variira glede na uporabljeni del (list, seme, korenina, lubje), čas nabiranja in geografsko regijo. Procesne tehnike ekstrakcije bioaktivnih snovi prav tako spreminjajo njihovo sestavo in vsebnost (Windisch in sod., 2008). V nadaljevanju so opisane glavne skupine kemijskih skupin rastlinskih bioaktivnih snovi (po Bernhoft, 2010).

Glikozidi so raznolika skupina sekundarnih metabolitov, ki imajo na aglikonski del vezan sladkorni del (glikon), ki je lahko mono oz. oligosaharid ali uronska kislina. Sem spada veliko različnih spojin z raznolikim delovanjem. *Srčni glikozidi* inhibirajo delovanje Na^+/K^+ ATP črpalk v celičnih membranah. Te črpalke so skoncentrirane v srčnih celicah, srčni glikozidi pa vplivajo nanje tako, da povečujejo obseg in hkrati zmanjšujejo pogostost krčenja. Tipične rastline, v katerih najdemo srčne glikozide, so iz družin črnobinovk, še posebej rdeči naprstec (*Digitalis purpurea*), in šmarničevk, tipični predstavnik katerih je šmarnica (*Convallaria majalis*). *Cianogeni glikozidi* imajo na aglikonski del vezano aminokislino. Več predstavnikov te skupine moti izkoriščanje joda in zato povzroča hipotiroizem. Najdemo jih predvsem v rastlinah iz družine rožnic (rod *Prunus*). *Glukozinolati* vplivajo na delovanje citokromov P450 in zavirajo bioaktivacijo prokarcinogenov v jetrih. Glukozinolati lahko dražijo kožo, povzročajo lahko tudi hipotiroizem in golšavost. Najdemo jih predvsem v križnicah. *Saponini* imajo v primernih dozah mnogo ugodnih bioloških učinkov: povečujejo odpornost organizma, zmanjšujejo nivo holesterola, imajo antikancerogeno in antioksidativno delovanje. V prehrani živali so pomembni, saj imajo ugoden vpliv na rast in zauživanje krme. Vendar njihovo delovanje ni le ugodno, saj imajo negativen učinek na reprodukcijo živali, prebavljivost beljakovin in izkoriščanje vitaminov in mineralov (Francis in sod., 2002). *Antrakinonski glikozidi* povročajo izločanje vode in elektrolitov in pospešujejo peristaltiko črevesja. *Flavonoidi in proantociandini* vsebujejo fenolno skupino, zaradi česar delujejo antioksidativno, imajo pa tudi druge učinke, nekateri delujejo protivnetno in antikancerogeno. Sem sodijo vsi pigmenti, ki jih najdemo pri rastlinah.

Tanine lahko razdelimo na dve skupini, na kondenzirane in hidrolizabilne. Kondenzirani tanini so veliki polimeri flavonoidov, hidrolizabilni pa polimeri sestavljeni iz monosaharidnega jedra, kamor se pripenjajo derivati katehsina. Taninom so v preteklosti pripisovali antinutritivne lastnosti, saj tvorijo komplekse z beljakovinami, ogljikovimi hidrati, prebavnimi encimi, nekaterimi minerali in vitamini ter tako zmanjšajo prehransko vrednost krme in povzročajo kronična oz. subakutna stanja kot so nekroza jeter in različne oblike raka. Danes vemo, da lahko zaradi številnih različnih kemijskih struktur taninov ob uporabi različnih vrst in količin taninov pri različnih živalskih vrstah pričakujemo različne učinke. Z antimikrobnim, antikancerogenim in antimutagenim delovanjem ugodno vplivajo na zdravje organizma, na drugi strani pa imajo antinutritivne lastnosti (Chung in sod., 1998). Prisotni so v številnih krmilih (voluminozna krma, stročnice, poganjki listov in sadje). V sodobni živinoreji so postali pomemben krmni dodatek v prehrani živali (Mueller-Harvey, 2006). **Mono-, seskvi-terpenoidi in fenilpropanodi** so lipofilne in lahko hlapne snovi. Najbolj pomembno je njihovo

antineoplastično, antibakterijsko in protivirusno delovanje, povzročajo tudi stimulacijo gastrointestinalnega trakta. Na splošno niso strupeni, razen v primeru, ko so skoncentrirani v eteričnih oljih. Najbolj poznane vrste rastlin, ki te snovi vsebujejo, so iz družine ustnatic (timijan, materina dušica, origano, navadna dobra misel, žajbelj, sivka, rožmarin, itd.). **Diterpenoidi** so lipofilni in imajo močno izražen okus, vendar niso hlapni in so zato brez vonja. Najdemo jih v kavovcu. **Smole** so kompleksna mešanica v maščobi topnih snovi. Večino smol izločajo lesnate rastline, najdemo pa jih tudi v zelenih rastlinah. Skupno jim je, da so lepljive, viskoznost pa je odvisna od vsebnosti hlapnih snovi. Na zraku se strdijo. Smole so praviloma neškodljive, lahko pa povzročajo alergije. **Lignani** so lipofilni in delujejo znotraj celične membrane. V velikih količinah jih najdemo v semenih oljarič, pa tudi v drugih delih rastlin iz različnih družin. Imajo fitoestrogene, očiščevalne in antineoplastične učinke. **Alkaloidi** so obsežna, nehomogena skupina sekundarnih metabolitov, najdemo jih le v 10 % rastlinskih vrst. Imajo vsaj 1 ciklično vezan dušikov atom, ki lahko deluje kot baza. Imajo farmakološko aktivnost. Vsebnost alkaloidov se spreminja s starostjo, razlikuje se glede na organ rastline in okoljske razmere. Strukturna podobnost alkaloidov in nekaterih živčnih transmitsorskih snovi (acetilholin, norepinefrin, dopaminserotonin) povzroči, da alkaloidi blokirajo njihovo delovanje. Posledice akutne zastrupitve z alkaloidi so pretirano slinjenje, izguba sline, širjenje in krčenje zenic, bruhanje, želodčne bolečine, driska, težave s koordinacijo, ohromelost, koma (po zastrupitvah z alkaloidi kot so akonitin, atropin, alkaloidi iz pušmana, kolhicin, koniin, citizin, galegin, lupinin, solanin). Nekateri alkaloidi imajo teratogeni učinek - povzročajo poškodbe na plodu. Rastline, ki vsebujejo alkaloidov so grenke, neprijetnega okusa. Živali se jih izogibajo. Velika vsebnost alkaloidov znatno zmanjša krmno vrednost rastlin. **Furokumarini** pri rastlinah iz družine nebinovk imajo fotosenzitivno delovanje, podobno delovanje imajo tudi **naftodiantroni**, ki jih najdemo v šentjanževki, dresnovkah, ajdi. Snovi, ki jih najdemo v šentjanževki, imajo tudi antidepresivne učinke.

Ko govorimo o rastlinskih bioaktivnih snoveh ne moremo mimo antinutritivnih snovi krme. Sem sodijo toksini plesni, inhibitorji proteinaz, alkaloidi, glikozidi, lektini, glukozinolati, eruka kislina, sinapini, tanini idr. (Mosenthin in Jezierny, 2010), ki lahko preko negativnega vpliva na zauživanje krme, prebavljivost hranil, mikrofloro in zdravstveno stanje prebavil ter organov in delovanje imunskega sistema močno poslabšajo zdravje živali. Njihove učinke je mogoče zmanjšati z omejevanjem vključevanja v krmne mešanice, z različnimi tehnološkimi postopki (termična obdelava, ekstrakcija), ki izničijo ali vsaj zmanjšajo učinkovitost njihovega delovanja in s krmnimi dodatki, ki jih vežejo ali razgradijo (različni silikati, encimi). Ne smemo pozabiti tudi žlahtnjenja rastlin, ki je vsaj v nekaterih rastlinah njihovo vsebnost zmanjšalo do te mere, da niso več tako pomembni (npr. glukozinolati, eruka kislina v ogrščičnem semenu).

3 Rastlinske bioaktivne snovi v prehrani prašičev

V krmo domačih živali dodajamo cela posušena zelišča oz. začimbe ali različne ekstrakte le-teh. Rastline, njihovi deli, in učinki, ki jih imajo pri domačih živalih so predstavljeni v preglednici 1.

Preglednica 1: Pogosto uporabljene rastline, njihove aktivne komponente in funkcije (prevedeno in prirejeno po Richard, 1992; Charalambous, 1994)

Rastlina	Uporabni deli	Glavne aktivne komponente	Funkcija
Aromatične začimbe			
Muškatni orešček	Seme	Sabinen	Stimulator prebave, preprečuje driske
Cimet	Lubje	Cimetov aldehyd	Stimulator ješčosti in prebave, antiseptik
Klinčki	Klinčki	Eugenol	Stimulator ješčosti in prebave, antiseptik
Kardamom	Seme	Cineol	Stimulator ješčosti in prebave
Koriander	Listi, seme	Linalol	Stimulator prebave
Kumina	Seme	Kumin aldehyd	
Janež	Plod	Anetol	
Zelena	Plod, listi	Ftalidi	Stimulator ješčosti in prebave
Peteršilj	Listi	Apiol	Stimulator ješčosti in prebave, antiseptik
Božja rutica	Seme	Trigonelin	Stimulator ješčosti
Ostre začimbe			
Paprika (ostra)	Plod	Kapsaicin	Stimulator prebave
Poper	Plod	Piperin	Stimulator prebave
Hren	Korenina	Alil izotiocianat	Stimulator ješčosti
Gorčica	Seme	Alil izotiocianat	Stimulator prebave
Ingver	Rizom	Zingeron	Stimulator želodčne prebave
Česen	Čebulica	Alicin	Stimulator prebave, antiseptik
Rožmarin	Listi	Cineol	Stimulator prebave, antiseptik, antioksidant
Timijan	Cela rastlina	Timol	Stimulator prebave, antiseptik, antioksidant
Žajbelj	Listi	Cineol	Stimulator prebave, antiseptik, karminativ
Lovor	Listi	Cineol	Stimulator ješčosti in prebave, antiseptik
Meta	Listi	Mentol	Stimulator ješčosti in prebave, antiseptik

Rastline imajo v večini eno ali nekaj dominantnih aktivnih molekul, ki so odgovorne za določene učinke. Količina teh molekul variira glede na vrsto rastline, rastišče, podnebne razmere, čas nabiranja ipd. Kadar potrebujemo učinke neke določene komponente, je bolj učinkovito dodajanje te molekule v čisti obliki kot posušene cele rastline ali neprečiščenega ekstrakta, saj za isti učinek potrebujemo manjše količine čiste molekule. Te lahko izoliramo iz rastlin, lahko pa jih tudi sintetiziramo v laboratoriju (naravnim identične). Moramo pa vedeti, da je aktivnost neprečiščenih ekstraktov velikokrat boljša zaradi sinergističnega delovanja različnih vrst molekul v njem. Posebej naj omenimo eterična olja, kot imenujemo ekstrakte hlapnih olj močnega vonja in okusa, ki jih pogosto še vedno pridobivamo z destilacijo z vodno paro. So zelo potentne spojine, ki jih uporabljamo v zelo majhnih količinah, saj lahko v primeru, da jih dodajamo v velikih količinah, povzročijo motnje v delovanju črevesne mikroflore, alergije, zmanjšajo zauživanje krme, poleg tega se nalagajo v tkivih. Večina eteričnih olj je prepoznana kot

varnih, seveda ob predpostavki, da je njihova uporaba primerna. Na tržišču najdemo različne ekstrakte posameznih aromatičnih rastlin, kombinacije ekstraktov različnih rastlin, čiste aktivne komponente ali njihove kombinacije, ki so ekstrahirane iz rastlin, in sintetizirane oz. naravnim identične aktivne komponente.

Rastlinske bioaktivne snovi lahko uravnavajo veliko vitalnih funkcij pri živalih in imajo zato lahko škodljive ali ugodne učinke. Bioaktivnost teh snovi je odvisna od vira, kemijske strukture in njihove količine. Delovanje rastlin je sicer znano že tisočletja, se je pa šele v zadnjem času začelo aktivno raziskovati v smeri razumevanja delovanja posameznih aktivnih snovi pri živalih. Kadar so vključene v krmne mešanice, imajo širok spekter delovanja, od ugodnih učinkov na zdravje in prirejo, do škodljivih ali celo smrtonosnih (Durmic in Blanche, 2012). Bioaktivne snovi lahko ugodno vplivajo na ješčnost, izločanje prebavnih sokov, na stimulacijo imunskega sistema, delujejo antibakterijsko, kokcidiostatično, antihelmintično, protivirusno in protivnetno, poleg tega imajo antioksidativno delovanje (Wenk, 2003). Prispevajo tudi k doseganju cilja glede proizvodnje mesa brez škodljivih dodatkov in je zato njihova uporaba čedalje bolj cenjena (Durmic in Blanche, 2012).

Že v sami osnovni krmi, ki jo prejemajo prašiči, najdemo bioaktivne snovi. V žitih se npr. nahajajo fenolne spojine, ki so pomembne zaradi svojega antioksidativnega delovanja. Najpogostejše so fenolne kisline (derivati hidroksibenzojske in cimetine kisline) in flavonoidi. Poglavitna predstavnika fenolnih kislin v žitih sta ferulna in *p*-kumarna kislina. Dober vir ferulne kisline so predvsem pšenični otrobi (0,8 do 2 g/kg sušine). Ferulna kislina ima antioksidativno delovanje ter vpliva na odvrčanje žuželk in rastlinojedih živali, saj ima grenak okus. Deluje tudi protivnetno, preprečuje razvoja raka na kolonu in ima antidiabetični učinek. Dober vir ferulne kisline je tudi koruza (Gani in sod., 2012; Luo in Wang, 2012). Antioksidativno delovanje ima tudi *p*-kumarna kislina (Gani in sod., 2012). Fenolne spojine, ki so skoncentrirane v otrobih in vezane na neprebavljive polisaharide, so večinoma nedostopne za delovanje prebavnih encimov, zato je njihova razpoložljivost majhna. Z uporabo ustreznih procesnih tehnik (mletje, toplotna obdelava, ekstrudiranje) lahko njihovo razpoložljivost povečamo (Wang in sod., 2014). Vsebnost fenolnih snovi v nekaterih žitih je predstavljena v preglednici 2 (Žilić in sod., 2011). Flavonoidi imajo antioksidativno, antikancerogeno, antialergijsko, protivnetno in gastroprotektivno vlogo. V žitih se nahajajo v manjši količini, največji razpon flavonoidov najdemo v sirku, ječmen je predvsem dober vir katehina in nekaterih di- ali tri pro-cianidinov. Avenantramidi, ki jih najdemo v ovsu, imajo protivnetno, antiaterogeno in antioksidativno delovanje. Lignani so prisotni v večini rastlin, vključno z lanom, koruzo, ovsom, ječmenom, pšenico in ržjo, in imajo zaradi svojega antioksidativnega delovanja ugoden vpliv na zdravje. Alkilresorcinoli, ki se nahajajo v rži, imajo protibakterijsko in protiglivično delovanje (Gani in sod., 2012). Koruza je dober vir anticianidinov, njihova vsebnost je največja v rdeče obarvani koruzi (Luo in Wang, 2012). Med bioaktivnimi snovmi, ki jih najdemo v žitih, so tudi fitinska kislino in fitati, ki imajo v prehrani predvsem negativen predznak, saj vežejo mineralne snovi, zaradi česar se zmanjša njihova razpoložljivost. Ima pa fitinska kislina antioksidativno delovanje *in vitro* zaradi sposobnosti vezave železa in *in vivo* zaradi sposobnosti zaviranja lipidne oksidacije (Gani in sod., 2012).

Stročnice postajajo v prehrani živali vedno bolj zanimive, saj krmljenje živalskih virov beljakovin ni dovoljeno, sojine tropine pa so zaradi ekstrakcije s heksanom v ekoloških rejah prepovedane. Oviro pri krmljenju stročnic predstavlja prav velika vsebnost sekundarnih metabolitov (kondenzirani tanini, inhibitorji proteaz, alkaloidi, lektini, pirimidinski glikozidi, saponini), saj se zaradi njihove vsebnosti zmanjša zauživanje in prebavljivost krme, nekatere imajo lahko tudi toksično delovanje (Jezierny in sod., 2010). Soja vsebuje inhibitorje tripsina in lektine, ki so odgovorni za nizko prehransko vrednost, zaradi njihovega zaužitja se spremenijo presnovne poti, imajo tudi negativen vpliv na prehransko kakovost beljakovin (Beckett-Ritt in sod., 2004). Poleg negativnih učinkov zaradi katerih te snovi označujemo tudi kot antinutritivne, imajo seveda tudi ugodne lastnosti, saj imajo antikancerogeno, bakteriostatično in protiglivično delovanje (Jezierny in sod., 2010). Vsebnost oz. aktivnost antinutritivnih snovi v stročnicah lahko močno zmanjšamo z uporabo tehnoloških postopkov, predvsem s termično obdelavo (Khattab in Arntfield, 2009), hkrati se tako poveča njihova prebavljivost (Qin in sod., 1996).

Ogrščično seme in pri proizvodnji olja nastali stranski proizvodi vsebujejo poleg dragocenih hranil tudi snovi, ki zmanjšujejo vrednost krme, saj v določenih količinah v obroku lahko delujejo antinutritivno. Pri tem imajo v prehrani prašičev največji pomen po postopku predelave preostali glukozinolati, ki imajo negativen vpliv na zauživanje krme in proizvodnost, poleg tega vplivajo na zmanjšano zauživanje krme. Termična obdelava npr. toastiranje pomembno zmanjša vsebnost glukozinolatov. Zato je vsebnost glukozinolatov v ogrščičnih tropinah manjša kot v ogrščičnem semenu. Prav nasprotno pa se vsebnost glukozinolatov v ogrščičnih pogačah, ki so stranski produkt hladnega stiskanja, glede na ogrščično seme poveča, saj so glukozinolati prisotni v brezmasnem delu semena, zato pri proizvodnji ogrščičnih pogač ne pride do zmanjšanja njihove aktivnosti. Poleg glukozinolatov vsebuje ogrščica tudi fitinsko kislino, ki zaradi tvorjenja kompleksov z minerali zmanjšuje njihovo izkoristljivost, in tanine, ki zavirajo delovanje proteolitičnih encimov in tako zmanjšujejo prebavljivost beljakovin in aminokislin (Jeroc in Salobir, 2006).

Preglednica 2: Vsebnost fenolnih snovi v nekaterih žitih (mg/kg; Žilić in sod., 2011)

Žito	Ferulna kislina	Klorogenska kislina	Kavna kislina	p-Kumarna kislina	Epikatehin	Katehin
Pšenica	0,084	0,032	0,028	/	/	/
Pšenica durum	0,112	0,087	/	/	/	/
Rž	0,438	0,046	0,029	0,105	/	/
Ječmen	0,120	0,042	0,116	/	0,323	2,42
Oves	0,229	/	0,149	0,082	/	/

3.1 Bioaktivne snovi kot stimulatorji ješčosti in prebave

Rastlinske bioaktivne snovi se v prehrani živali velikokrat uporabljajo z namenom izboljšanja okusa krme in povečanja produktivnosti živali. Pri dodajanju z namenom spodbujanja ješčosti, moramo poznati preference posameznih živalskih vrst, saj imajo le-te okus nekaterih rastlin raje kot drugih (Durmic in Blanche, 2012). Janz in sod. (2007) so ugotovili, da prašiči raje zauživajo krmo z dodatkom česna in rožmarina kot krmo z dodatkom origana ali ingverja. Jugl-Chizzola in sod. (2006) so pri odstavljenih pujskih ugotovili, da so zaužili signifikantno manj krme, kadar so bili v njej prisotni ekstrakti

timijana ali origana. Če so pujskom omogočili možnost izbire, so raje izbrali krmo, ki ni bila aromatizirana z omenjenimi zelišči. Pri dodajanju rožmarina in česna v krmo prašičev so Cullen in sod. (2005) ugotovili manjše zauživanje krme (preglednica 3), v nasprotju z nekaterimi drugimi raziskavami, kjer takega vpliva dodajanja česna niso ugotovili npr. Corrigan in sod. (2001; cit. po Cullen in sod., 2005). Ti so sesnim pujskom dodajali mešanico različnih rastlinskih ekstraktov, zato je možno, da so druge snovi prekriale neprijeten okus po česnu. Kot stimulatorji apetita so se izkazale začimbe kot so cimet, klinčki, kardamom, lovor in meta (Richard, 1992).

Zaradi zelo različne palete aktivnih sestavin imajo zelišča oz. začimbe različen vpliv na proces prebave. Večina jih stimulira izločanje sline, spodbujajo sintezo žolčnih kislin in jetrih in izločanje le-teh v žolč, kar ima ugoden vpliv na prebavo in absorpcijo maščob, stimulirajo encime trebušne slinavke - lipazo, amilazo in proteaze, nekatere povečajo aktivnost prebavnih encimov v mukozni ozkega črevesa (Srinivasan, 2005). Poleg omenjenih vplivov na sekrecijo žolča in encimov, začimbe oz. zelišča in njihovi ekstrakti pospešijo prebavo oz. skrajšajo čas pasaže krme oz. hrane skozi prebavila (Platel in Srinivasan, 2001; Suresh in Srinivasan, 2007). Na procese prebave pozitivno vplivajo predvsem aktivne komponente rastlin npr. kurkumin (iz kurkume), kapsaicin (iz paprike, čilija) ali cele rastline oz. njihovi deli npr. ingver, janež, grško seno, čebula, meta in kumina (Srinivasan, 2005). Poleg ugodnih lastnosti, ki jih imajo bioaktivne snovi na procese prebave, omenimo še uravnavanje črevesne mikrobiote in ohranjanje integritete črevesne sluznice (Costa in sod., 2013). Hidrolizirajoče tanine pogosto uporabljamo kot preprečevalce drisk in kot podpora pri terapiji pri različnih živalskih vrstah in kategorijah. Tako lahko s svojim ugodnim delovanjem v primeru drisk izboljšajo proizvodne rezultate živali (Mueller-Harvey, 2006). Predstavljajo pa tanini dvorezen meč, pri prašičih imajo nezaželene učinke na prebavljivost beljakovin in posameznih aminokislin.

3.2 Protimikrobno delovanje bioaktivnih snovi

Številni sekundarni metaboliti, ki jih tvorijo rastline, služijo kot obrambni mehanizem proti fiziološkemu in okoljskemu stresu, plenilcem in patogenim bakterijam. Eden glavnih učinkov rastlinskih dodatkov je njihov vpliv na stabilnost higiene krme in ugodno delovanje na ekosistem z inhibitornim delovanjem na patogene mikroorganizme. Zaradi boljšega zdravstvenega stanja prebavil so živali manj izpostavljene mikrobiološkim toksinom. Posledično ti dodatki pomagajo živali pri odpornosti v stresnih situacijah ter povečajo razpoložljivost esencialnih snovi za absorpcijo in tako izboljšajo rast živali (Windisch in sod., 2008). Široko protimikrobno delovanje nekaterih rastlinskih ekstraktov proti Gram- in Gram+ bakterijam je bilo dokazano v številnih *in vitro* poskusih (Wenk, 2006). Iz rezultatov je razvidno, da imajo rastlinske bioaktivne snovi lahko specifično antimikrobno aktivnost proti določenim bakterijam. Pasqua in sod. (2006) poročajo o spremembah v profilu dolgoveržnih maščobnih kislin v membranah *Escherichie coli*, ki je rasla ob prisotnosti limonena in cinamaldehida ter *Salomonelle enterice*, ki je rasla ob prisotnosti karvakrola in eugenola. Pri vrsti *Bronchotrix thermosphacta* so vse našete aktivne komponente spremenile profil maščobnih kislin v membrani, medtem ko so pri sevih *Pseudomonas fluorescens* in *Staphylococcus aureus* maščobne kisline v membranah ostale praktično nespremenjene. Spremembe v maščobnokislinski sestavi membrane so lahko odgovorne za preživitveno sposobnost mikroorganizmov, saj antiseptični agensi na splošno delujejo na nivoju celične membrane. Pri raziskavah merjenja hidrofobnosti *E.*

coli (test za merjenje sposobnosti vezave bakterijskih sevov) so ugotovili močno povečano hidrofobnost mikrobov ob prisotnosti šentjanževke in kitajskega cimeta, medtem ko sta timijan in cejlonski cimet kazala le zmeren učinek. Razlike v hidrofobnosti so bile močno korelirane z minimalnimi baktericidnimi koncentracijami (MIC_{50}), kar ponovno dokazuje, da je eden od mehanizmov protimikrobnega delovanja rastlinskih ekstraktov njihova sposobnost spreminjanja karakteristik na površini mikrobnih celic in s tem zmanjšanja njihove virulentnosti (Kamel, 2001). Je pa učinkovitost rastlinskih ekstraktov v *in vitro* pogojih odvisna tudi od topila, s katerim so pripravljani. V dejanskih (*in vivo*) pogojih je eksaktno protimikrobno delovanje težko ovrednotiti, saj je mikrobná združba v prebavilih zelo kompleksna in uravnotežena, zelišča in njihovi ekstrakti pa se pomešajo tudi z ostalimi hranili. Castillo in sod. (2006) navajajo, da mešanica ekstraktov cimeta, kajenske paprike in origana spodbuja rast laktobacilov in poveča razmerje med laktobacili in enterobakterijami pri odstavljenih pujskih.

3.3 Protivnetno delovanje rastlinskih bioaktivnih snovi

Ekstrakti kurkume, rdeče paprike, popra, kumine, klinčkov, muškarnega oreščka, cimeta, mete in ingverja delujejo protivnetno, kar so dokazali v številnih raziskavah na podganah (Srinivasan, 2005; Manjunatha in Srinivasan, 2006). Glavne učinkovine s protivnetnim delovanjem imajo terpenoidi in flavonoidi, ki zavirajo presnovo prostaglandinov. V našem območju so po protivnetnem delovanju, predvsem v prebavnem traktu, najbolj poznani ekstrakti kamilice, ognjiča, sladkega korena in janeževih semen (Craig, 2001). V naših dosedanjih raziskavah smo poleg ugodnega vpliva vitamina E na zmanjšanje oksidativnih poškodb DNA limfocitov pri piščancih in prašičih krmljenih z velikimi količinami večkrat nenasičenih maščobnih kislin (Frankič in sod., 2010; Voljč in sod., 2011; Tomažin in sod., 2013) tak vpliv ugotovili tudi pri dodajanju propilen glikolnih ekstraktov vrtnega ognjiča (*Calendula officinalis*) v krmo odstavljenim pujskom (Frankič in sod., 2009), pri krmljenju jabolk, jagod ali paradižnika (Pajk in sod., 2006) in soka črnega ribeza (Salobir in sod., 2010).

3.4 Antioksidativno delovanje rastlinskih bioaktivnih snovi

Aktivne komponente rastlin preprečujejo lipidno peroksidacijo z lovljenjem prostih radikalov in s stimulacijo aktivnosti encimov kot so superoksid dismutaza, katalaza, glutation preoksidaza in glutation transferaza. Glavne bioaktivne molekule, ki dajejo rastlinam in njihovim ekstraktom antioksidacijske lastnosti, so fenolne spojine (flavonoidi, hidrolizirajoči tanini, proantocianidini, fenolne kisline) in nekateri vitamini (E, C in A). Pogosto uporabljena zelišča bogata s fenoli, ki imajo velik antioksidacijski potencial, so rožmarin, timijan, žajbelj, origano, zeleni čaj, kamilica, ginko, regrat in ognjič (Halliwell in sod., 1995; Craig, 2001; Četković in sod., 2004; Škerget in sod., 2005; Bakirel in sod., 2008; Fasseas in sod., 2008). Najbolj poznano in dokazano je antioksidativno delovanje vitamina E, kar smo potrdili tudi z našimi raziskavami pri prašičih (Pajk in sod., 2006; Frankič in sod., 2010; Frankič in Salobir, 2011) in piščancih (Voljč in sod., 2011; Tomažin in sod., 2013). Poleg tega smo v naši skupini v *in vivo* pogojih uspeli za različne rastlinske antioksidante pri domačih živalih z različnimi markerji oksidacijskega stresa dokazati učinke tanina (Frankič in Salobir, 2011; Voljč in sod., 2013), ognjiča (Frankič in sod., 2009), mešanice začimb (Frankič in sod., 2010), črnega ribeza, jabolk in paradižnika (Pajk in sod., 2006; Salobir, in sod., 2010). Glede na raziskave o antioksidativnem delovanju fenolnih snovi lahko povzamemo, da so v *in vitro*

pogojih lahko celo bolj učinkovite kot uveljavljeni antioksidanti (vitamin E, vitamin C), da pa njihovo delovanje v *in vivo* sistemih ni neposredno, saj je odvisno od učinkovitosti absorpcije, ki je po navadi nizka, od koncentracije aktivnih snovi v tkivih, od presnovnih sprememb aktivnih komponent, od okoljskih pogojev, ki določajo ali se bodo aktivne snovi obnašale kot antioksidanti ali kot prooksidanti in od različnih signalnih mehanizmov vključno z izražanjem genov. Za splošno uporabo je znanje o antioksidativnem delovanju fenolnih snovi še preskromno, da bi z njimi preprosto zamenjali snovi predvsem vitamina E, katerih delovanje je dokazano (Surai, 2014).

3.5 Rastlinske bioaktivne snovi kot stimulatorji imunskega sistema

Imunski sistem podpirajo vse rastline in ekstrakti, ki so bogati s flavonoidi, vitaminom C in karotenoidi. Rastline najbolj znane po svojem imunostimulativnem delovanju so ameriški slamnik, sladki koren, česen in mačji krempelj. Omenjene rastline lahko izboljšajo aktivnost limfocitov, makrofagov in celic naravnih ubijalk, povečajo fagocitozo ali sprožijo sintezo interferonov (Craig, 1999). Pri prašičih so Hussain in sod. (2012) ugotovili, da imajo stranski produkti uporabe zelenega čaja pozitiven vpliv na humoralno in celično imunost.

4 Uporaba bioaktivnih snovi za izboljšanje proizvodnih rezultatov in kakovosti mesa

4.1 Vpliv rastlinskih bioaktivnih snovi na proizvodne rezultate

Dodajanje rastlin ali njihovih bioaktivnih snovi v krmo živali se v prvi vrsti odraža na okusu krme in tako vpliva na vzorec prehranjevanja, na izločanje prebavnih sokov in skupno zauživanje krme. Do glavnih aktivnosti prihaja v prebavnem traktu, kjer lahko bioaktivne snovi selektivno vplivajo na mikroorganizme s svojim protimikrobnim delovanjem oziroma uravnavanjem njene sestave. Posledično se izboljša izkoriščanje hranil, absorpcija in stimulacija imunskega sistema. Poleg tega lahko rastline, ki jih dodajamo v krmo, prispevajo k pokritju potreb po nekaterih hranilih, stimulirajo endokrini sistem in presnovo (Wenk, 2003). V prehranski raziskavi, kjer so odstavljenim pujskom v krmo dodajali ekstrakte cimeta in česna, sta se po dveh tednih izboljšali konzumacija in rast. Pogin pujskov zaradi prebavnih težav se je zmanjšal s 3,9 na 1,2 % (Zigger, 2001). Ravno odstavljeni pujski predstavljajo pri reji prašičev velik problem. Faza odstavljanja pujskov je povezana z okužbami, posebej z enterotoksično *Escherichia coli*. Uporaba rastlinskih ekstraktov v prehrani pujskov ima lahko koristne učinke pri preprečevanju infekcij (Roselli in sod., 2007). Omenjeni avtorji so pokazali, da alicin (aktivna sestavina česna) pri pujskih okuženih z *Escherichia coli* ščiti črevesne celice pred povečano prepustnostjo membrane. Česen vsebuje tudi substance, ki upočasnijo delovanje gliv in virusov (Zigger, 2001) ter izboljšajo konzumacijo in dnevni prirast (Janz in sod., 2007). Namkung in sod. (2004) so ugotovili, da rastlinski ekstrakti (mešanica ekstraktov iz cimeta, timijana in origana) zmanjšajo rast koliformnih bakterij v črevesju odstavljenih pujskov. *Ascophyllum nodosum*, vrsta rjave alge, se je pokazala kot zelo dober prehranski dodatek za izboljšanje rastnih sposobnosti prašičev, okuženih z *Escherichia coli*, ne pa tudi za povečanje odpornosti živali (Turner in sod., 2002). Manzanilla in sod. (2004) so pri odstavljenih pujskih ugotovili ugoden učinek kombinacije rastlinskih ekstraktov iz origana, cimeta in pekoče paprike na ekosistem črevesja, želodčno vsebino ter praznjenje želodca. Tradicionalna kitajska mešanica začimb je pri odstavljenih pujskih povečala dnevni prirast, vendar ne v taki meri kot antibiotiki.

Nekoliko je zmanjšala konzumacijo krme, vendar je bila konverzija krme večja v primerjavi s pujski, ki so dobivali antibiotike. Nekateri znaki povečane odpornosti, kot so povišani levkociti in eritrociti, vsebnosti IL-6 in TNF- α , so bili povišani v skupini, ki je prejela mešanico začimb (Lien in sod., 2007). Tudi dodatek resveratrola odstavljenim pujskom okuženih z *Escherichia coli* in *Salmonella enterica* sev. *Typhimurium*, je vplival na izboljšano rast, delovanje imunskega sistema in razvoj mikroflore v prebavilih (Ahmed in sod., 2013).

Raziskave pa niso bile narejene samo na pujskih. V raziskavi na svinjah, ki so jim v krmo dodajali origano (1000 ppm origana; posušeno listje in cvetovi); obogateno z 500 g/kg hladno stiskanega origanovega eteričnega olja, sta Allan in Bilkei (2005) ugotovila manjšo smrtnost, manjši delež izločitev med laktacijo, večjo uspešnost pripustitve in povečano število živorojenih pujskov. Pri pitancih so v raziskavah ugotovili, da se ob dodajanju rastlinskih snovi ali njihovih ekstraktov izboljšajo proizvodni rezultati. Korniewicz in sod. (2007) so prašičem dodajali 125 oz. 500 mg/kg pripravka, ki je vseboval timol, cineol, karvakrol, pinen, kapsaicin, cimetov aldehyd, eugenil, flavonoide in eterična olja. Pri obeh skupinah prašičev, ki so pripravek dobivali, so se povečali prirasti (za 3,8 in 5 % pri 125 oz. 500 mg/kg). Pri prašičih iz raziskave Cullen-a in sod. (2005), kjer je česen vplival na manjše zauživanje krme, se je izboljšala konverzija krme, razlik v prirastih ni bilo (preglednica 3).

Dodajanje bioaktivnih snovi v krmo pa nima samo pozitivnih učinkov. Sarker in sod. (2010) so ugotovili manjše priraste pri prašičih, ki so dobivali dodatek zelenega čaja, Paiva-Martins in sod. (2012) pa zmanjšano prebavljivost krme in manjše priraste pri krmljenju krme z dodatkom oljčnih listov. Oljčni listi vsebujejo veliko vlaknine, zaradi česar se zmanjša prebavljivost, poleg tega oleuropein vpliva na aktivnost prebavnih in presnovnih encimov. Ker se je v mesu prašičev, ki so dobivali oljčne liste, zmanjšala izceja, so avtorji zaključili, da se dodajanje oljčnih listov v krmo prašičev lahko uporablja predvsem v ekoloških rejah, kjer sami proizvodni rezultati nimajo primarnega pomena, je pa pomembna predvsem kakovost mesa. Prevolnik in sod. (2012) niso ugotovili vpliva dodatka kostanjevega tanina na prirast in kakovost prašičjega mesa, prav tako ne Frankič in Salobir (2011).

4.2 Vpliv rastlinskih bioaktivnih snovi na kakovost mesa

Meso in mesni izdelki v prehrani človeka predstavljajo odličen vir mineralov, vitaminov in beljakovin, ki v nasprotju z beljakovinami iz rastlinskih virov vsebujejo vse esencialne aminokisljine. Zaradi prepričanja potrošnikov, da zauživanje mesa vodi v razvoj debelosti in različnih bolezni, predvsem raka, srčno-žilnih bolezni in povišanega krvnega pritiska, se mesnopredelovalna industrija sooča z izzivi, kako potrošnikom predstaviti meso kot osnovno živilo, ki ugodno vpliva na zdravje. Potrošniki namreč zahtevajo bolj zdrave mesne izdelke, ki vsebujejo malo maščob, holesterola in nitritov ter veliko bioaktivnih sestavin, ki ugodno vplivajo na zdravje npr. karotenoide, nenasičene maščobne kisline, sterole in vlaknine. Hkrati pričakujejo, da bodo ti novi in izboljšani izdelki po okusu, izgledu in vonju enaki kot tisti, ki so izdelani po tradicionalnem postopku. Predelovalci zato čedalje več pozornosti posvečajo razvoju izdelkov, s katerimi bi lahko ugodno vplivali na zdravje in dobro počutje ljudi. Tako nastajajo nove vrste izdelkov, ki sodijo v okvir tako imenovane funkcionalne hrane. Vsebujejo komponente, ki imajo pozitivne fiziološke učinke oziroma ne vsebujejo tistih snovi, ki negativno vplivajo na zdravje.

Dodajanje rastlinskih bioaktivnih snovi lahko vpliva na več vidikov kakovosti mesa. Kołodziej-Skalska in sod. (2011) so v mesu prašičev, ki so zauživali mešanico karvakrola iz origana, cinamaldehida iz cimeta in kapsikum oleoresina iz paprike, izmerili bolj intenzivno rdečo barvo, manjšo izcejo in manjše izgube pri kuhanju, Omojola in sod. (2009) pa ob dodatku česna manjše izgube pri kuhanju, medtem ko vpliva na trdoto niso opazili (preglednica 4). Ranucci in sod. (2015) v svežem mesu niso ugotovili vpliva na barvo, so pa izmerili v kuhanem mesu prašičev, ki so prejeli dodatek ekstraktov origana in kostanjevega lesa, nižje vrednosti L* in višje vrednosti a*, se pravi da je bilo to meso temnejše in bolj intenzivno rdeče. V klobasah so Hayes in sod. (2011) izmerili večjo sposobnost za vezavo vode ob dodatku sesamola (preglednica 5). Uporabili so tudi druge naravne učinkovine (lutein, elagna kislina, ekstrakt oljčnih listov), vendar takega vpliva niso zaznali, prav tako pri nobenem od dodatkov ni bilo sprememb v izgubah pri kuhanju. Da se tekom predelave za izboljšanje tehnoloških lastnosti lahko dodajo tudi ekstrakti sadja, so dokazali Jia in sod. (2012), ki so pleskavicam dodali ekstrakt iz črnega ribeza in ugotovili ugoden vpliv na barvo in zmanjšanje oksidacije maščob in beljakovin. Veliko avtorjev je ugotovilo, da dodajanje rastlin ali njihovih ekstraktov na kakovost nima omembe vrednega vpliva. Rossi in sod. (2013) npr. pri dodatku ekstrakta iz rastline *Lippia ssp.* niso zaznali vpliva na barvo, pH, izcejo, trdoto in izgube pri kuhanju, Peeters in sod. (2006) niso ugotovili vpliva na pH in barvo pri dodajanju zeliščnega dodatka, ki je vseboval rastlini *Valeriana officinalis* L. in *Passiflora incarnata* L. Prav tako vpliva na barvo, trdoto in izgube pri kuhanju niso zaznali Lahucky in sod. (2010), ki so prašičem dodajali ekstrakte melise, origana in žajblja. Sarker in sod. (2010) so prašičem dodajali različne količine zelenega čaja, vpliva na barvo in izgub pri kuhanju tudi oni niso zaznali. Tudi dodatki 0,05 % eteričnega olja origana, česna in oleoresina origana in ingverja (Janž in sod., 2007) in eteričnega olja origana (0,25, 0,5 in 1,0 ml/ kg krme; Simitzis in sod., 2010) niso vplivali na kakovost mesa.

4.3 Vpliv rastlinskih bioaktivnih snovi na oksidacijo v mesu

Oksidacija je eden glavnih razlogov, ki privede do kvarjenja mesa. Oksidacija maščob v mesninah predstavlja glavni problem, saj se zato skrajša rok trajanja pri zamrznjenem mesu, pri fermentiranih in sušenih mesninah. V mesu, ki je že predhodno termično obdelano, oksidacija maščob pri pogrevanju privede do razvoja neprijetnega okusa (Weiss in sod., 2010). Poleg oksidacije maščob se v zadnjem času več pozornost namenja tudi oksidaciji beljakovin, saj meso vsebuje velike količine beljakovin, ki imajo poglavitno vlogo pri kakovosti mesa, predvsem pri senzoričnih in fizikalno-kemijskih lastnostih (Falowo in sod., 2014). Meso postane dovzetno za oksidacijo zaradi velike vsebnosti večkrat nenasičenih maščobnih kislin, hema, kovinskih katalizatorjev in drugih oksidacijskih snovi v mišicah. Oksidativne spremembe v vseh vrstah mesa privedejo do sprememb v barvi, razvoja nezaželenih okusov, nastanka toksičnih snovi, krajšega roka trajanja, do izgube hranil in vode (Contini in sod., 2014). Oksidacija mioglobina vodi v razbarvanje, kar vpliva na izgled mesa in s tem na preferenco potrošnika (Ahn in sod., 1993). Zato je pomembno, da meso vsebuje antioksidante, ki ublažijo oksidativne spremembe s tem ko preprečujejo nastajanje prostih radikalov, jih odstranjujejo ali pospešujejo njihovo razgradnjo. Ker zauživanje sintetičnih antioksidantov predstavlja zdravstveno tveganje za ljudi, se raziskave čedalje bolj nagibajo k odkrivanju in preučevanju naravnih rastlinskih snovi z antioksidativnim delovanjem, s katerimi bi povečali oksidativno stabilnost maščob in beljakovin v mesu (Falowo in sod., 2014). Uporaba teh ima lahko ugodne učinke na podaljšanje obstojnosti mesa in mesnih

izdelkov, saj imajo številna zelišča, sadje, zelenjava in njihovi ekstrakti antioksidativno in antimikrobno delovanje (Biswas in sod., 2012).

Antioksidante iz naravnih virov lahko v meso vnesemo z zauživanjem krme, ki je bogata z njimi, lahko pa jih dodajamo tekom predelave. Dodajanje antioksidantov v krmo pozitivno vpliva na oksidativno stabilnost mesa, hkrati se zelo poveča njegova kakovost. V raziskavah, kjer so preučevali vpliv dodajanja različnih rastlin in njihovih ekstraktov v krmo prašičev na oksidacijo v mesu, so ugotovili, da imajo različne rastline oz. njihovi deli in ekstrakti ugoden učinek na zmanjšanje oksidacije maščob (preglednica 6) pa tudi na izboljšanje senzoričnih lastnosti npr. Kołodziej-Skalska in sod. (2011) ob uporabi mešanice mešanice karvakrola iz origana, cinamaldehida iz cimeta in kapsikum oleoresina iz paprike. Origano je ugodno vplival na senzorične lastnosti tudi v raziskavi Ranucci-ja in sod. (2015), kjer so prašiči dobivali dodatek ekstraktov origana in kostanjevega lesa. Meso je bilo mehkejše in bolj okusno. Vpliv na izboljšanje senzoričnih lastnosti so ugotovili tudi Botsoglou in sod. (2012) pri dodajanju posušenih oljčnih listov, medtem ko v drugih raziskavah takega vpliva niso zaznali (Cullen in sod., 2005; Janz in sod., 2007; O'Grady in sod., 2008; Lahucky in sod., 2010; Sarker in sod., 2010, Rossi in sod., 2014).

Zaradi zahtev potrošnikov po naravnih mesnih izdelkih brez sintetičnih dodatkov, se čedalje več raziskovalcev ukvarja tudi z preučevanjem učinka naravnih snovi, ki jih dodamo med predelavo. Pri tehnoloških strategijah dodajanja antioksidantov se jih doda direktno v meso ali v embalažo, zaradi česar se poveča oksidacijska stabilnost (Falowo in sod., 2014), učinek je največji kadar jih dodamo mletemu mesu ali jih vtremo na površino (Janz in sod., 2007). V raziskave je vključenih veliko različnih vrst zelišč in začimb ter ekstraktov, ki jih iz njih pridobivajo, njihovo apliciranje pa je učinkovito predvsem pri zmanjšanju oksidacije maščob in beljakovin (preglednica 7).

5 Priporočila

Glavno vodilo živalske proizvodnje je zagotoviti visoko produktivnost, zdrave živali in kakovostne živalske proizvode, ki so stabilni in primerni za nadaljnjo predelavo. Rastlinske bioaktivne snovi niso samo stimulatorji ješčosti in prebave, ampak lahko z vplivom na številne druge fiziološke procese zagotavljajo splošno dobro počutje in zdravje živali, kar ugodno vpliva na njihovo produktivnost. Številne raziskave z dodatki zelišč oz. začimb in njihovih delov ali ekstraktov v krmo živali dajejo spodbudne rezultate, vendar bo za njihovo širšo, vsakodnevno uporabo v prehrani živali potrebno dodatno raziskati tako posamezne dodatke kot njihovo delovanje pri različnih živalskih vrstah. Še posebej, ker imajo nekatere bioaktivne snovi lahko večstransko delovanje pri različnih vrstah živali, med njimi namreč najdemo tudi take, ki v primeru, da jih živali zaužijejo v prevelikih količinah, nimajo le antinutritivnih učinkov in neugodno vplivajo na zdravje, prirejo in kakovost proizvodov, temveč so lahko celo toksične.

Preglednica 3: Vpliv dodatka naravnih snovi v krmo prašičev na proizvodne rezultate

Dodatek	Dodana količina	Čas opazovanja	Učinek	Vir
Eterično olje rožmarina	0,05 %	52,8 kg do 93,8 kg	Ni vpliva	Janz in sod., 2007
Eterično olje česna	0,05 %		Povečana konzumacija krme	
Oleoresin origana	0,05 %		Ni vpliva	
Oleoresin ingverja	0,05 %		Ni vpliva	
Posušeni oljčni listi	5 g/kg	Začetek pri 35 kg, trajanje 90 dni	Ni vpliva	Botsoglou in sod., 2012
	10 g/kg		Ni vpliva	
Česen	1 g/kg	Začetek pri 42 kg, trajanje 56 dni	Zmanjšana konzumacija (5 %), boljša konverzija	Cullen in sod., 2005
	10 g/kg		Zmanjšana konzumacija (7 %), boljša konverzija	
Rožmarin	1 g/kg		Ni vpliva	
	10 g/kg		Ni vpliva	
Herbiplant CS (vsebuje timol, cineol, karvakrol, pinen, kapsaicin, cimetov aldehyd, eugenil, flavonoide, eterična olja)	125 mg/kg	20 do 100 kg	Povečani prirasti za 3,8 %	Korniewicz in sod., 2007
	500 mg/kg		Povečani prirasti za 5,0 %	
Ekstrakt origana + ekstrakt kostanjevega lesa	0,2 %	43 do 150 kg	Ni vpliva	Ranucci in sod., 2015
Vodni ekstrakt iz listov rastline <i>Lippia sp.</i>	5 mg verbaskozida/kg	Začetek pri 7 kg, trajanje 166 dni	Ni vpliva	Rossi in sod., 2013
Stranski produkti uporabe zelenega čaja	0,5 %	77 do 110 kg	Ni vpliva	Hossain in sod., 2012
	1,0 %		Ni vpliva	
	2 %		Slabši prirasti	

Preglednica 4: Vpliv dodajanja naravnih snovi v krmo prašičev na kakovost mesa

Dodatek	Dodana količina	Vrsta mesa	Učinek	Vir
Verbaskozid (iz <i>Lippia</i> ssp.) + vitamin E	15 mg verbaskozida + 150 mg vit. E/dan	<i>Longissimus dorsi</i>	Izboljšana barva	Rossi in sod., 2014
Mešanica karvakrola (origano), cinamaldehida (cimet) in kapsikum oleoresina (paprika)	80 mg/kg	<i>Longissimus dorsi</i>	Manjša izceja in izgube pri kuhanju, bolj intenzivna rdeča barva, večja sposobnost vezave vode	Kołodziej-Skalska in sod., 2011
Česen	0,5 %	Stegenska mišica	Manjše izgube pri kuhanju	Omojola in sod., 2009
	1,0 %			
	1,5 %			
Stranski produkti uporabe zelenega čaja	0,5 %	Kare	Večja trdota Ni vpliva Manjše izgube pri kuhanju	Hossain in sod., 2012
	1,0 %			
	2 %			

Preglednica 5: Vpliv dodajanja naravnih snovi tekom predelave na kakovost mesa in izdelkov

Dodatek	Dodana količina	Vrsta mesa	Učinek	Vir
Sesamol	250 mg/kg	Klobase	Večja SVV ¹	Hayes in sod., 2011
Ekstrakt črnega ribeza	5 g/kg	Pleskavice	Temnejše, bolj intenzivna rdeča barva	Jia in sod., 2012
	10 g/kg			
	20 g/kg			
Ekstrakt metinih listov (<i>Mentha spicata</i>)	10 ml/kg	Mleto meso	Manjše vrednosti L ^{*2} , a ^{*3} in povečane vrednosti b ^{*4}	Biswas in sod., 2012
Ekstrakt listov karija (<i>Murraya koenigii</i> L)	10 ml/kg			
Ekstrakt rožmarina	3 g/kg	Kuhane pleskavice	Manjše izgube pri kuhanju bolj intenzivna rdeča barva, temnejše, mehkejše	Lara in sod., 2011
Ekstrakt melise	1 g/kg			
Ekstrakt iz grozdnih pečk	1 g/kg	Pleskavice	Višja vrednost b ^{*4}	Lorenzo in sod., 2014
Ekstrakt iz kostanjevih listov	1 g/kg		Višja vrednost b ^{*4}	
Ekstrakt zelenega čaja	1 g/kg		Nižja vrednost a ^{*3}	
Ekstrakt morskih alg	1 g/kg		Nižja vrednost a ^{*3}	
Ekstrakt origana + ekstrakt iz kostanjevega lesa	0,2 %	<i>Longissimus lumborum</i>	Nižja vrednost L ^{*2} , višja a ^{*3} pri kuhanih vzorcih	Ranucci in sod., 2015

¹SVV = sposobnost za vezavo vode, L* vrednost določa svetlost vzorca (višje vrednosti - svetlejši vzorec; 0 - popolnoma črn, 100 - popolnoma bel), a* odtenek rdeče barve (pozitivne vrednosti - rdeče, večje vrednosti so bolj intenzivne; negativne vrednosti - zelene), b* odtenek rumene barve (pozitivne vrednosti - rumene; negativne vrednosti - modre)

Preglednica 6: Vpliv dodajanja naravnih snovi v krmo prašičev na oksidacijo v mesu

Dodatek	Dodana količina	Vrsta mesa	Učinek	Vir
Eterično olje rožmarina	0,05 %		Ni vpliva	
Eterično olje česna	0,05 %	<i>Longissimus dorsi</i>	Ni vpliva	Janz in sod., 2007
Oleoresin origana	0,05 %	(mleto)	Nakazan učinek na zmanjšano oksidacijo maščob	
Oleoresin ingverja	0,05 %		Ni vpliva	
Posušeni oljčni listi	5 g/kg 10 g/kg	<i>Longissimus dorsi</i>	Manjša koncentracija MDA ¹ v svežem in kuhanem mesu	Botsoglou in sod., 2012
Prah zelenega čaja	1 % 2 %	Ni podano	Manjša koncentracija MDA ¹ v mesu Ni vpliva	Sarker in sod., 2010
Vodni ekstrakt iz listov rastline <i>Lippia</i> ssp.	5 mg verbaskozida/kg	<i>Longissimus dorsi</i>	Manjša vrednost TBARS ²	Rossi in sod., 2013
Verbaskozid (iz <i>Lippia</i> ssp.) + vitamin E	15 mg verbaskozida 150 mg vitamina E	<i>Longissimus dorsi</i>	Manjša koncentracija MDA ¹	Rossi in sod., 2014
Stranski produkti uporabe zelenega čaja	0,5 %	Ni podano	Manjše vrednosti TBARS ²	Hossain in sod., 2012

¹MDA = malondialdehid - produkt oksidacije maščobnih kislin z več kot dvema nenasičenima vezema, ²TBARS = tiobarbiturno kislino reagirajoče spojine

Preglednica 7: Vpliv dodajanja naravnih snovi tekom predelave na oksidacijo

Dodatek	Dodana količina	Vrsta mesa	Učinek	Vir
Ekstrakt oljčnih listov	100 mg GAE ¹ / kg	Mleta mišica <i>longissimus dorsi</i>	Manjša koncentracija MDA ² (za 31 %)	Botsoglou in sod., 2014
	200 mg GAE ¹ / kg		Manjša koncentracija MDA ² (za 53 %) koncentracija karbonilnih skupin ³ po 180 dneh (-20°C)	
	300 mg GAE ¹ / kg		Manjša koncentracija MDA ² (za 74 %) in koncentracija karbonilnih skupin ³ po 120 dneh (-20°C)	
Ekstrakt metinih listov (<i>Mentha spicata</i>)	10 ml/kg	Mleto meso	Manjše vrednosti TBARS ⁴	Biswas in sod., 2012
Ekstrakt listov karija (<i>Murraya koenigii</i> L)	10 ml/kg		Ni vpliva	
Lutein	200 mg/kg	Klobase	Manjše vrednosti TBARS ⁴	Hayes in sod., 2011
Sesamol	250 mg/kg		Ni vpliva	
Elagna kislina	300 mg/kg		Ni vpliva	
Ekstrakt oljčnih listov	200 mg/kg		Ni vpliva	
Ekstrakt črnega ribeza	5 g/kg	Pleskavice	Manjše vrednosti TBARS ⁴ in manjša koncentracija karbonilnih skupin ³	Jia in sod., 2012
	10 g/kg			
	20 g/kg			
Ekstrakt zelenega čaja	500 ppm skupnih fenolnih snovi	Bolonjska klobasa	Manjše vrednosti TBARS ⁴ in manjša koncentracija karbonilnih skupin ³	Jongberg in sod., 2012
Ekstrakt rožmarina	400 ppm skupnih fenolnih snovi		Ni vpliva	
Ekstrakt rožmarina	3 g/kg	Kuhane pleskavice	Manjše vrednosti TBARS ⁴	Lara in sod., 2011
Ekstrakt melise	1 g/kg		Ni vpliva	
Ekstrakt iz grozdnih pečk	1 g/kg	Pleskavice	Manjše vrednosti TBARS ⁴	Lorenzo in sod., 2014
Ekstrakt iz kostanjevih listov	1 g/kg		Ni vpliva	
Ekstrakt zelenega čaja	1 g/kg		Ni vpliva	
Ekstrakt morskih alg	1 g/kg		Ni vpliva	
Ekstrakt rožmarina	200 ppm	Pleskavice	Manjše vrednosti TBARS ⁴ in heksanala ⁵	Nissen in sod., 2004
Ekstrakt zelenega čaja	200 ppm		Manjše vrednosti TBARS ⁴ in heksanala ⁵	
Ekstrakt grozdne lupine	200 ppm		Manjše vrednosti TBARS ⁴ in heksanala ⁵	
Ekstrakt kave	50 ppm		Ni vpliva	

¹GAE = ekvivalent galne kisline, ²MDA = malondialdehid - produkt oksidacije maščobnih kislin z več kot dvema nenasičenima vezema, ³karbonilne skupine - pokazatelj oksidacije beljakovin, ⁴TBARS = s tiobarbiturno kislino reagirajoče spojine - pokazatelj oksidacije maščob, ⁵heksanal - sekundarni produkt oksidacije maščob

Viri

- Acamovic T, Brooker JD, 2005. Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. *Proc. Nutr. Soc.* 64: 403-412.
- Ahmed ST, Hossain M, Kim GM, Hwang JA, Ji H, Yang CJ, 2013. Effects of resveratrol and essential oils on growth performance, immunity, digestibility and fecal microbial shedding in challenged pigs. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 26: 683-690.
- Ahn DD, Ajuyah A, Wolfe FH, Sim JS, 1993. Oxygen availability affects prooxidant catalyzed lipid oxidation of cooked torkey patties. *J. Food Sci.* 58: 278-282
- Allan P., Bilkei G, 2005. Oregano improves reproductive performance of sows. *Theriogenology*, 63: 716-721.
- Bakirel T, Bakirel U, Keleş OÜ, Ülgen SG, Yardibi H, 2008. In vivo assesment of antidiabetic and antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) in alloxan-diabetic rabbits. *J Ethnopharmacol.* 116: 64-73.
- Beckett-Ritt A, Mulinari F, Vasvancelos IM, Carlini CR, 2004. Antinutritional and/or toxic factors in soybean (*Glycine max* (L) Merrill) seeds: comparison of different cultivars adapted to the southern region of Brazil. *J. Sci. Food Agric.* 84:263-270.
- Bernhoft A, 2010. A brief review on bioactive compounds in plants. V: Bioactive compounds in plants - benefits and risks for man and animals. (Ur. A Bernhoft). The Norwegian Academy of Science and Letters, Oslo, Norveška, str. 11-17.
- Biswas AK, Chatli MK, Sahoo J, 2012. Antioxidant potential of curry (*Murraya koenigii* L.) and mint (*Mentha spicata*) leaf extracts and their effect on colour and oxidative stability of raw ground pork meat during refrigeration storage. *Food Chem.* 133: 467-472.
- Botsoglou E, Govaris A, Ambrosiadis I, Fletouris D, 2012. Lipid and protein oxidation of α -linolenic acid-enriched pork during refrigerated storage as influenced by diet supplementation with olive leaves (*Olea europea* L.) or α -tocopheryl acetate. *Meat Sci.* 92: 525-532.
- Botsoglou E, Govaris A, Ambrosiadis I, Fletouris D, Botsoglou N, 2014. Effect of olive leaf (*Olea europea* L.) extracts on protein and lipid oxidation of long-term frozen n-3 fatty acids-enriched pork patties. *Meat Sci.* 98: 150-157.
- Castillo M, Martín-Orúe SM, Roca M, Manzanilla EG, Badiola I, Perez JF, Gasa J, 2006. The response of gastrointestinal microbiota to avilamycin, butyrate, and plant extracts in early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 84: 2725-2734.
- Charalambous, G, 1994. Spices, herbs and edible fungi. Elsevier Science Ltd., Amsterdam, Nizozemska, 764 s.
- Chung KT, Wei CI, Johnson MG, 1998. Are tannins a double-edged sword in biology and health? *Trends Food Sci. Technol.* 9: 168-175.
- Contini C, Alvarez R, O'Sullivan M, Dowling DP, Gargan SO, Monahan FJ, 2014. Effect of an active packaging with citrus extract on lipid oxidation and sensory quality of cooked turkey meat. *Meat Sci.* 43(2): 1171-1176.
- Costa LB, Luciano FB, Miyada VS, Gois FD, 2013. Herbal extracts and organic acids as natural feed additives in pig diets. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 42(2): 181-193.
- Craig WJ, 1999. Health-promoting properties of common herbs. *Am. J. Clin. Nutr.* 70: 491S-499S.
- Craig WJ, 2001. Herbal remedies that promote health and prevent disease. V: Vegetables, fruits, and herbs in health promotion (Ur. RR Watson), CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, str. 179-204.
- Cullen SP, Monahan FJ, Callan JJ, O'Doherty JV, 2005. The effect of dietary garlic and rosemary on grower-finisher pig performance and sensory characteristics of pork. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 44: 57-67
- Četković GS, Djilas SM, Canadanovic-Brunet JM, Tumbas VT, 2004. Antioxidant properties of marigold extracts. *Food Res. Int.* 37: 643-650.
- Durmic Z, Blanche D, 2012. Bioactive plants and plant products: effect on animal function, health and welfare. *Anim. Feed Sci. Technol.* 176: 150-162.
- Falowo AB, Fayemi PO, Muchenje V, 2014. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Res. Int.* 64: 171-181.

- Fasseas MK, Mountzouris KC, Tarantilis PA, Polissiou M, Zervas G, 2008. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. *Food Chem.* 106: 1188-1194.
- Francis G, Kerem Z, Makkar HPS, Becker K, 2002. The biological action of saponins in animal systems: a review. *Br. J. Nutr.* 88: 587-605.
- Frankič T, Salobir K, Salobir J, 2009. The comparison of *in vivo* antigenotoxic and antioxidative capacity of two propylene glycol extracts of *Calendula officinalis* (marigold) and vitamin E in young growing pigs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 93: 688-694.
- Frankič T, Levart A, Salobir J, 2010. The effect of vitamin E and plant extract mixture composed of carvacrol, cinnamaldehyde and capsaicin on oxidative stress induced by high PUFA load in young pigs. *Animal* 4:4: 572-578
- Frankič T, Salobir J, 2011. *In vivo* antioxidant potential of Sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) wood extract in young growing pigs exposed to *n*-3 PUFA-induced oxidative stress. *J. Sci. Food Agric.* 91: 1432-1439.
- Gani A, Wani SM, Masoodi FA, Hameed G, 2012. Whole-grain cereal bioactive compounds and their health benefits: a Review. *J. Food Process. Technol.* 3 (3)1-10.
- Halliwell B, Aeschbach R, Löliger J, Aruoma OI, 1995. The characterization of antioxidants. *Food Chem. Toxicol.* 33: 601-617.
- Hayes J, Stepanyan V, Allen P, O'Grady MN, Kerry JP, 2011. Evaluation of the effects of selected plant-derived nutraceuticals on the quality and shelf-life stability of raw and cooked pork sausages. *Lebenson Wiss. Technol.* 44: 164-172
- Hossain E, Ko SY, Yang CJ, 2012. Dietary supplementation of green tea by-products on growth performance, meat quality, blood parameters and immunity in finishing pigs. *Journal of Medicinal Plants Research.* 6(12), 2458-2467.
- Janz JAM, Morel PCH, Wilkinson BHP, Purchas RW, 2007. Preliminary investigation of the effects of low-level dietary inclusion of fragrant essential oils and oleoresins on pig performance and pork quality. *Meat Sci.* 75: 350-355.
- Jeroch H, Salobir J. 2006. Nova spoznanja o krmni vrednosti krmil iz ogrščice in njihova uporaba pri krmljenju domačih živali. *Acta Agric. Slov.* 88(2): 117-131
- Jezierny D, Mosenthin R, Bauer E, 2010. The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: A review. *Anim Feed Sci Technol.* 157: 111-128.
- Jia N, Kong B, Liu Q, Diao X, Xia X, 2012. Antioxidant activity of black currant (*Ribes nigrum* L.) extract and its inhibitory effect on lipid and protein oxidation of pork patties during chilled storage. *Meat Sci.* 91: 533-539.
- Jongberg S, Tørngre MA, Gunvig A, Skibsted LH, Lund MN, 2012. Effect of green tea or rosemary extract on protein oxidation in Bologna type sausages. *Meat Sci.* 93: 538-546.
- Jugl-Chizzola M, Ungerhofer E, Gabler C, Hagmüller W, Chizzola R, Zitterl-Eglseer K, Franz C, 2006. Testing of the palatability of *Thymus vulgaris* L. and *Origanum vulgare* L. as flavouring feed additive for weaner pigs on the basis of a choice experiment. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift.* 119: 238-243.
- Kamel, C, 2001. Natural plant extracts: Classical medicines bring modern animal production solutions. *Feed manufacturing in the Mediterranean region. Improving safety: From feed to food,* 31-38.
- Khattab RY, Arntfield SD, 2009. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2. Antinutritional factors. *Lebenson Wiss. Technol.* 42: 1113-1118.
- Kołodziej-Skalska A., Rybarczyk A, Matysiak B, Jacyno E, Pietruszka A, Kawęcka M, 2011. Effect of dietary plant extracts mixture on pork meat quality. *Acta Agric. Scand. A. Anim. Sci.* 61: 80-85
- Korniewicz D, Różański H, Usydus Z, Dobrzański Z, Korniewicz A, Frankiewicz A, Szulc K, 2007. Efficiency of plant extracts (Herbiplant CS) in pigs fattening. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 57: 309-315.
- Lahucky R, Nuernberg K, Kovac L, Bucko O, Nuernberg G, 2010. Assessment of the antioxidant potential of selected plant extracts - *In vitro* and *in vivo* experiments on pork. *Meat Sci.* 85 779-784.

- Lao Y, Wang Q, 2012. Bioactive compounds in corn. V: Cereals and pulses: Nutraceutical properties and health benefits. (Ur. LL Yu, R Tsao, F Shahidi). John Wiley & Sons, Inc., Ames, USA, str. 85-103.
- Lara MS, Gutierrez JI, Timón M, Andrés AI, 2011. Evaluation of two natural extracts (*Rosmarinus officinalis* L. and *Melissa officinalis* L.) as antioxidants in cooked pork patties packed in MAP. *Meat Sci.* 88: 481-488.
- Lien TF, Horng YM, Wu CP-, 2007. Feasibility of replacing antibiotic feed promoters with Chinese traditional herbal medicine Bazhen in weaned piglets. *Livest. Prod. Sci.* 107: 97-102.
- Lorenzo JM, Sineiro J, Amado IR, Franco D, 2014. Influence of natural extracts on the shelf life of modified atmosphere-packaged pork patties. *Meat Sci.* 96: 526-534.
- Manjunatha H, Srinivasan K, 2006. Protective effect of dietary curcumin and capsaicin on induced oxidation of low-density lipoprotein, iron-induced hepatotoxicity and carrageenan-induced inflammation in experimental rats. *FEBS J.* 273: 4528-4537.
- Manzanilla EG, Perez JF, Martin M, Kamel C, Baucells F, Gasa J, 2004. Effect of plant extracts and formic acid on the intestinal equilibrium of early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 82: 3210-3218.
- Mosenthin R, Jezierny D, 2010. Nutritional significance of secondary plant metabolites in pigs and poultry. 19. Mednar. znanst. posvet. o preh. domačih ž. Zdravčevi-Erjavčevi dnevi, 227-236.
- Mueller Harvey I, 2006. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *J. Sci. Food Agric.* 86: 2010-2037.
- Namkung H, Li M, Gong J, Yu H, Cottrill M, Lange CF. M, 2004. Impact of feeding blends of organic acids and herbal extracts on growth performance, gut microbiota and digestive function in newly weaned pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 84: 697-704.
- Nissen LR, Byrne DV, Bertelsen G, Skibsted LH, 2004. The antioxidative activity of plant extracts in cooked pork patties as evaluated by descriptive sensory profiling and chemical analysis. *Meat Sci.* 68: 485-495
- O'Grady MN, Carpenter R, Lynch PB, O'Brien NM, Kerry JP, 2008. Addition of grape seed extract and bearberry to porcine diets: Influence on quality attributes of raw and cooked pork. *Meat Sci.* 78: 438-446.
- Omoyola AB, Fagbuaoro SS, Ayeni AA, 2009. Cholesterol content, physical and sensory properties of pork from pigs fed varying levels of dietary garlic (*Allium sativum*). *World Appl. Sci. J.* 6(7): 971-997
- Paiva-Martins F, Barbosa S, Pinheiro V, Mourão JL, Outor-Monteiro D, 2012. The effect of olive leaves supplementation on the feed digestibility, growth performances of pigs and quality of pork meat. *Meat Sci.* 82: 438-443.
- Pajk T, Rezar V, Levart A, Salobir J, 2006. Efficiency of apples, strawberries, and tomatoes for reduction of oxidative stress in pigs as a model for humans. *Nutrition* 22: 376-384
- Pasqua R, Hoskins N, Betts G, Mauriello G, 2006. Changes in membrane fatty acids composition of microbial cells induced by addition of thymol, carvacrol, limonene, cinnamaldehyde, and eugenol in the growing media. *J. Agri. Food Chem.* 54: 2745-2749.
- Peeters E, Driessen B, Geers R, 2006. Influence of supplemental magnesium, tryptophan, vitamin C, vitamin E, and herbs on stress and pork quality. *J. Anim. Sci.* 84: 1827-1838.
- Platel K, Srinivasan K, 2001. Studies on the influence of dietary spices on food transit time in experimental rats. *Nutr. Res.* 21: 1309-1314.
- Prevolnik M, Škrlep M, Brus M, Pugliese C, Čandek-Potokar M, Škorjanc D, 2012. Supplementing pig diet with 0,2 % sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) wood extract had no effect on growth, carcass or meat quality. *Acta Agri Slov. Suppl.* 3: 82-88.
- Qin G, ter Elst ER, Bosch MW, van der Poel AFB, 1996. Thermal processing of whole soya beans: Studies on the inactivation of antinutritional factors and effects on ileal digestibility in piglets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57: 313-324
- Ranucci D, Beghelli D, Trabalza-Marinucci M, Branciarri R, Forte C, Olivieri O, Badillo Pazmay GV, Cavallucci, Acuti G, 2015. Dietary effects of a mix derived from oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil and sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) wood extract on pig performance, oxidative status and pork quality traits. *Meat Sci.* 100: 319-326.

- Richard H, 1992. Spices and aromats. Lavoisier, Paris.
- Roselli M, Britti MS, Le Huérou-Luron I, Marfaing H, Zhu WY, Mengheri E, 2007. Effect of different plant extracts and natural substances (PENS) against membrane damage induced by enterotoxigenic *Escherichia coli* K88 in pig intestinal cells. *Toxicol. in Vitro* 21: 224-229.
- Rossi R, Pastorelli G, Cannata S, Tavaniello S, Maiorano G, Corino C, 2013. Effect of long term dietary supplementation with plant extract on carcass characteristics meat quality and oxidative stability in pork. *Meat Sci.* 95: 542-548.
- Rossi R, Ratti S, Pastorelli G, Crotti A, Corino C, 2014. The effect of dietary vitamin E and verbascoside on meat quality and oxidative stability of *Longissimus Dorsi* muscle in medium-heavy pigs. *Food Res. Int.* 65: 88-94
- Salobir J, Pajk Žontar T, Levart A, Rezar V, 2010. The comparison of black currant juice and vitamin E for the prevention of oxidative stress. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.* 80 (1), 2010, 5 - 11
- Sarker MSK, Kim KJ, Ko SY, Uuganbayar D, Kim GM, Bae IH, Oh JI, Yee ST, Yang CJ, 2010. Green tea level on growth performance and meat quality in finishing pigs. *Pakistan Journal of Nutrition.* 9: 10-14.
- Saxena MJ, 2008. Herbs - a safe and scientific approach. *International Poultry Production.* 16: 11-13.
- Simitzis PE, Symeon GK, Charismiadou MA, Bizelis JA, Deligeorgis SG, 2010. The effects of dietary oregano oil on pig meat characteristics. *Meat Sci.* 84: 670-676.
- Srinivasan K, 2005. Spices as influencers of body metabolism: An overview of three decades of research. *Food Res. Int.* 38: 77-86.
- Surai PF, 2014. Polyphenol compounds in the chicken/animal diet: from the past to the future. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 98: 1-31.
- Suresh D, Srinivasan K, 2007. Studies on the in vitro absorption of spice principles - curcumin, capsaicin and piperine in rat intestines. *Food Chem. Toxicol.* 45: 1437-1442.
- Škerget M, Kotnik P, Hadolin M, Rižner Hraš A, Simonič M, Knez Ž, 2005. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chem.* 89: 191-198.
- Tomažin U, Frankič T, Voljč M, Rezar V, Levart A, Salobir J, 2013. The potency of α - and γ -tocopherol, and their combination, in reducing dietary induced oxidative stress *in vivo* and improving meat lipid stability in broilers. *Arch. Geflügelk.* 77(4): 266-274.
- Turner JL, Dritz SS, Higgins JJ, Minton JE, 2002. Effects of *Ascophyllum nodosum* extract on growth performance an immune function of young pigs challenged with *Salmonella typhimurium*. *J. Anim. Sci.* 80: 1947-1953.
- Vanbelle M, 1999. The use of feed additives in the EU. Regulations, problems and future. In: Estern Nutrition Conference, Niagara Falls, Ontario, Canada.
- Voljč M, Frankič T, Levart A, Nemeč M, Salobir J, 2011. Evaluation of different vitamin E recommendations and bioactivity of α -tocopherol isomers in broiler nutrition by measuring oxidative stress *in vivo* and the oxidative stability of meat. *Poult. Sci.* 90 :1478-1488
- Voljč M, Levart A, Žgur S, Salobir J, 2013. The effect of α -tocopherol, sweet chestnut wood extract and their combination on oxidative stress *in vivo* and the oxidative stability of meat in broilers. *Br. Poult. Sci.* 54(1): 144-156
- Wang T, He F, Chen G, 2014. Improving bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in cereal grains through processing technologies: A concise review. *J. Funct. Foods* 7: 101-111.
- Weiss J, Gibis M, Schuh V, Salminen H, 2010. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat Sci.* 86: 196-213.
- Wenk C, 2003. Herbs and botanicals as feed additives in monogastric animals. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 16: 282-289.
- Wenk C, 2006. Are herbs, botanicals and other related substances adequate replacements for antimicrobial growth promoters? V: Antimicrobial growth promoters. Where do we go from here? (Ur. D Barug, J de Jong, AK Kies, MWA Versteegen). Wageningen, Academic Publishers, Wageningen, Nizozemska, str. 329-340.

- Windisch W, Schedle K, Pletzner C, Kroismayer A, 2008. Use of phytochemical products as feed additives for swine and poultry. *J. Anim. Sci.* 86: 140-148.
- Zigger D, 2001. Healthier pigs on diet with garlic and cinnamon. *Feedtech*, 5, 8/9: 17. (http://www.allaboutfeed.net/allabouts/id935-3370/application_in_pig_diets.html).
- Žilič S, Hadži-Tašković Š, Šukalović V, Dodog D, Maksimović V, Maksimović M, Basić Z, 2011. Antioxidant activity of small grain cereals caused by phenolics and lipid soluble antioxidants. *J. Cereal Sci.* 54: 417-424.

Poglavje 9

Vloga soli in nitritov v mesninah in možnosti za njihovo zmanjšanje

Urška Tomažin¹
Martin Škrlep¹
Maja Prevolnik Povše²
Nina Batorek Lukač¹
Marjeta Čandek-Potokar^{1,2*}

Povzetek. Pri proizvodnji mesnin se zaradi mikrobiološke varnosti in stabilnosti izdelka dodaja jedilna, pri večini izdelkov pa tudi nitritna sol. Poleg učinka konzerviranja s tema dodatkoma vplivamo tudi na okus in videz (predvsem barvo). Z naraščanjem osveščenosti potrošnikov o negativnih učinkih omenjenih soli na zdravje narašča povpraševanje po izdelkih brez nitritov in z manj soli. Ker ima sol pri izdelavi mesnin poglavitno vlogo, se njeni uporabi ne moremo (in ne želimo) povsem izogniti, lahko pa njeno vsebnost omejimo. Nitritna sol ostaja v uporabi predvsem zaradi svojega bakteriostatičnega učinka, čeprav je odločilna tudi za tipično barvo mesnin. V prispevku je opisana vloga jedilne in nitritne soli pri izdelavi mesnin s poudarkom na sušenih mesninah in možnosti za njuno zmanjšanje.

1 Uvod

Pri proizvodnji mesnin se za doseganje specifičnih lastnosti končnega proizvoda dodajo različni aditivi, zaradi njihovega prispevka k zagotavljanju mikrobiološke varnosti kot tudi vpliva na (izboljšanje) senzorične lastnosti. Tako jedilna (NaCl) kot nitritna sol imata izjemno pomembno vlogo pri izdelavi mesnin. Njuna primarna vloga je podaljšanje obstojnosti, saj preprečujeta ali zavirata rast mikroorganizmov. Dodatni učinki so manj pomembni, vendar zaželeni; zaradi dodatka nitritov se razvije značilna rožnato rdeča barva mesnin, tako navadna kot nitritna sol prispevata tudi k oblikovanju tipičnega okusa izdelka. V znanstveni in strokovni literaturi je zaslediti polemike o škodljivih (in pozitivnih) učinkih soli in nitritov, pojavljajo se tudi težnje po njihovi zmanjšani uporabi.

Glede na vrsto dodatkov, ki jih uporabimo v postopku izdelave mesnin, razlikujemo soljenje in razsoljevanje. Pri soljenju meso obdelamo z navadno kuhinjsko soljo (NaCl), medtem ko gre pri razsoljevanju za uporabo mešanice kuhinjske soli, nitrata ali nitrita ter še morebitnih drugih snovi (Toldrá, 2002).

¹ Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče

* E: meta.candek-potokar@kis.si (Marjeta Čandek-Potokar)

2 Soljenje oziroma razsoljevanje kot postopek konzerviranja

Soljeno/razsoljeno meso lahko glede na način apliciranja razdelimo na suho in mokro razsoljeno, pri katerem se uporablja razsolica (Toldrá, 2002). Suho soljenje in razsoljevanje je najstarejši način, ki se tradicionalno uporablja pri proizvodnji suhih šunk oziroma pršutov. Lahko se dodaja izključno sol ali mešanica, ki poleg soli vključuje še druge aditive (začimbe, nitritne soli), ki se jo vtire v integralne kose mesa. Te nato hranimo v hladnem prostoru, da se razsolijo. Sol zaradi difuzije pronica v meso. Eno samo soljenje običajno ne zadošča, stegna je potrebno pregledovati, obračati, masirati in po potrebi dosoliti (presoliti). Po končanem razsoljevanju odvečno sol odstranimo, stegna pa še naprej hranimo pri nizkih temperaturah (2 do 4 °C). Dolžina te faze, ki jo imenujemo tudi podaljšano soljenje, je pri pršutu precej dolga (2-3 mesece), saj se mora sol v tem času enakomerno porazdeliti po celotnem kosu, preden gre v naslednjo fazo (sušenje, zorenje).

Pri mokrem razsoljevanju se lahko razsolico v kose mesa vbrizga s pomočjo posebnih perforiranih igel, lahko pa se kose mesa v razsolico namoči (Toldrá, 2002). Pri vbrizgavanju razsolice se le-to pod pritiskom vbrizga v kose mesa, pri čemer se raztopina enakomerno porazdeli. To pripomore k hitrejšemu razsoljevanju, zaradi uporabe te metode pa se močno zmanjšajo tudi stroški dela. Pri tem postopku se pogosto, čeprav ne nujno, izvaja gnetenje in masiranje kosov mesa, kar pripomore k bolj enakomerni porazdelitvi in pospešitvi samega razsoljevanja (Pegg, 2004). V predelovalni industriji je postopek pogostejši v primeru, ko je izdelek podvržen nadaljnji termični obdelavi.

Kuhinjska sol in nitritne soli spadajo med aditive, snovi, ki se ne uživajo kot živilo, ampak se dodajajo živilom iz tehnoloških razlogov. Njihov glavni namen je zmanjšati, zavirati ali preprečiti aktivnost in rast mikroorganizmov v hrani in s tem podaljšati obstojnost mesnin in povečati varnost za potrošnike (Toldrá, 2002). V zvezi z razsoljevanjem mesa so na seznam dovoljenih aditivov² uvrščeni tako nitriti kot nitrati; KNO₂ (E 249) in NaNO₂ (E 250), KNO₃ (E 252) in NaNO₃ (E 251), slednji le za toplotno neobdelane mesnine. Nitriti (E 249-250) se uporabljajo kot konzervansi v mesnih proizvodih za nadzor morebitnega razvoja nevarnih bakterij, zlasti *Clostridium botulinum*. Glede uporabe nitritov pa se pojavljajo polemike, ker lahko njihova prisotnost v mesu povzroči tvorbo rakotvornih nitrozaminov. Kot navaja Uredba Komisije (EU) št. 1129/2011 z dne 11. novembra 2011, trenutno dovoljena uporaba nitritov/nitratov upošteva znanstveno mnenje (ravnotežje) med pozitivnimi in negativnimi učinki njihove uporabe ter upošteva potrebo po ohranitvi nekaterih tradicionalnih živil na trgu, kjer je dovoljeno odstopanje. Glede na ta seznam se toplotno neobdelanemu predelanemu mesu med predelavo lahko doda do 150 mg/kg dovoljenih nitratov/nitritov, toplotno obdelanemu mesu pa do 150 mg/kg nitritov (pri steriliziranih izdelkih do 100 mg/kg). Pri določenih tradicionalnih proizvodih so trenutno še dovoljene tudi višje mejne vrednosti, vendar je treba upoštevati, da se mejne vsebnosti nanašajo na konec proizvodnega procesa, prav tako Komisija EU še preučuje možne spremembe. V nekaterih državah je v primeru dodajanja nitritov zakonsko urejeno tudi obvezno dodajanje askorbinske kisline. V ZDA je na primer ob dodajanju Na

² Z junijem 2013 se je začel uporabljati spremenjen EU seznam za aditive (Uredba Komisije (EU) št. 1129/2011 z dne 11. novembra 2011 o spremembi Priloge II k Uredbi (ES) št. 1333/2008 Evropskega parlamenta in Sveta).

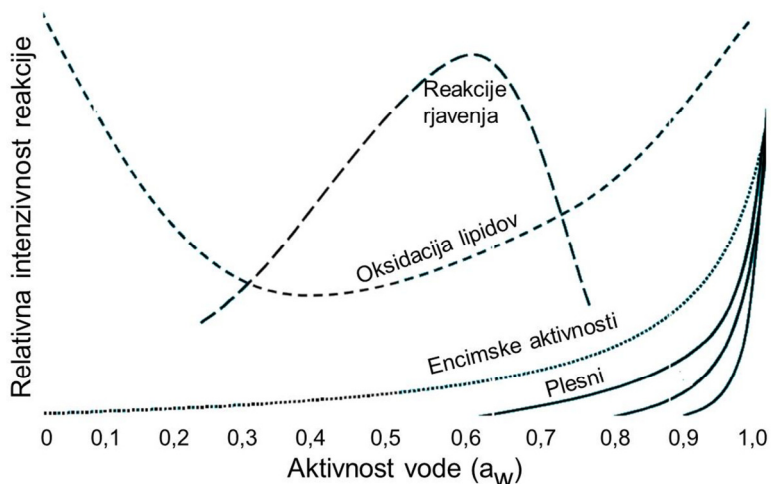
ali K nitrita potrebno dodati še 550 ppm Na askorbata ali Na eritorbata (IARC, 2010). Natrijev askorbat in eritorbat se dodajata zaradi svojega redoks potenciala, saj pospešujeta konverzijo nitrita v dušikov oksid in s tem pospešujeta proces razsoljevanja. Ostanki askorbata in eritorbata pripomorejo tudi k stabilizaciji barve končnega izdelka. Poleg tega pripomoreta k preprečevanju nastajanja kancerogenih nitrozaminov, ki se tvorijo iz presežnega nitrita (Pegg, 2004).

2.2 Vloga soli v sušenih mesninah

Sol je najbolj pomembna sestavina pri predelavi mesa, kot tudi sicer v prehrani ljudi. Jedilna sol ima pomembne tehnološke lastnosti, saj veže prosto vodo, tako da je te manj na voljo za mikroorganizme. Gre v bistvu za nižjo aktivnost vode (a_w) s čimer se zavre rast mikroorganizmov in podaljša obstojnost živila. Dodaten učinek soli je v povečanju ionske moči, poveča se nabrekanje miofibril, topnost miofibrilarnih proteinov aktina in miozina, posledično pa se tvori gel. To je osnova za oblikovanje proteinske mreže, ki veže maščobo in vodo. Jedilna sol igra pomembno vlogo pri oblikovanju okusa (slanost). Jedilna sol ima tudi prooksidativni učinek, bodisi v povezavi z oksidacijo maščob (žarkost), pigmenti (diskoloracije) ali nastajanje oksidov holesterola (ki povzročajo poškodbe celic in ožilja). Pri proizvodnji mesnin se priporoča uporaba čiste jedilne soli brez različnih primesi, ki lahko privedejo do nepravilnosti v okusu in barvi izdelkov (Pegg, 2004). Kljub mnogim poskusom nadomeščanja kuhinjske soli z drugimi vrstami soli (večinoma gre tukaj za različne K, Ca in Mg soli), se tako zamenjavo lahko izvede le delno, saj prevelika količina nadomestka vpliva na okus izdelka. Sol deluje tudi kot pomemben inhibitor delovanja mišičnih proteaz, zmanjšanje vsebnosti soli pa lahko zaradi njihovega prekomernega delovanja vodi v preobsežno proteolizo in posledično napake v teksturi in aromi izdelka (Jiménez-Colmenero in sod., 2001).

2.2.1 Vpliv soli na aktivnost vode (a_w) v mesninah

Sol bakteriostatski učinek izraža preko vpliva na znižanje aktivnosti vode (a_w). A_w je sinonim za količino proste/razpoložljive vode, ki je na voljo za rast mikroorganizmov. Čista voda ima a_w 1, ostali mediji imajo nižjo a_w , odvisno od deleža prosto dostopne vode. Podana je kot razmerje med delnim tlakom vodne pare nad živilom pri določeni temperaturi in delnim tlakom vodne pare nad čisto vodo pri isti temperaturi. Dodana sol se v procesu soljenja v vodi raztopi. Vodo, ki je šibko vezana na beljakovine, kot tudi prosto vodo privlačijo Na^+ in Cl^- ioni, zaradi česar se razpoložljivost vode (a_w) zmanjša. V večini sveže hrane je a_w od 0,95 do 0,99, pri takih pogojih večina mikroorganizmov dobro uspeva (Grant, 2004). Večina bakterij ne raste pri a_w nižji od 0,91, plesni pri a_w nižji od 0,71. A_w nižjo od 0,91 dosežemo pri vsebnosti soli 15 g NaCl/100 g mesa oz. 15 % soli v izdelku, kar je bistveno več kot se soli običajno dodaja (1,5 - 3,0 %). Sama sol v mesninah tako ni dovolj učinkovit konzervans in jo je potrebno kombinirati z drugimi metodami konzerviranja, kot so sušenje in toplotna obdelava (Heinz in Hautzinger, 2007). Pri fermentiranih izdelkih (npr. salame) dodatno znižanje a_w dosežemo še s pomočjo delovanja mlečnokislinskih bakterij. Zaradi tvorbe mlečne kisline se zniža pH, ki v povezavi s sušenjem privede do večje izgube vode, zniža se a_w , zaradi česar se poveča mikrobiološka stabilnost (Tabanelli in sod., 2013). Za sušene mesnine velja, da mora biti a_w nižja od 0,93. Omeniti velja tudi pomen oziroma vpliv a_w na fizikalno-kemijsko stabilnost živil (rjavenje, oksidacija lipidov, aktivnosti endogenih encimov). Endogeni encimi so aktivni tudi pri zelo nizki a_w pri čemer njihova aktivnost s povečevanjem a_w eksponentno narašča (Slika 1).



Slika 1: Fizikalna, kemijska in mikrobna stabilnost živila v povezavi z a_w

Preglednica 1: Aktivnost vode (a_w) v mesninah (Heinz in Hautzinger, 2007)

Vrsta izdelka	a_w
Sveže meso	0,99 (0,99 - 0,98)
Kuhana šunka	0,97 (0,98 - 0,96)
Klobasa za kuhanje	0,97 (0,98 - 0,93)
Suha klobasa	0,91 (0,96 - 0,70)
Sušena šunka	0,92 (0,96 - 0,80)

2.2.2 Vpliv soli na proteolizo in lipolizo

Pri sušenih mesninah prihaja med predelavo do intenzivnih biokemijskih sprememb predvsem lipolitične in proteolitične narave. Proteoliza ima pomemben vpliv na teksturo, okus in aromo. Med procesom prihaja do razgradnje glavnih beljakovin v mesu, zaradi česar nastajajo številni peptidi in proste aminokisliline (Toldrá, 2004). Omenjeni razgradni produkti neposredno prispevajo k razvoju okusa, proste aminokisliline pa služijo tudi kot substrat za nadaljnje reakcije (bodisi njihovo nadaljnjo razgradnjo, bodisi reakcije s produkti razgradnje maščobnih kislin), med katerimi se tvorijo številne aromatične spojine (Toldrá in Flores, 1998).

Proteolitične spremembe med procesom predelave mesnin katalizirajo endogene mišične proteaze, v primeru uporabe razdetega/mletega mesa (salame) tudi mikrobne proteaze. Skeletne mišice vsebujejo veliko količino endogenih encimov, ki so vpleteni v številne presnovne procese, nekateri izmed njih so povezani s spremembami beljakovin. Endopeptidaze (kalpaini in katepsini) so odgovorne za razgradnjo beljakovin, tri- in dipeptidaze so vpletene v generacijo kratkih tri- in dipeptidov, aminopeptidaze in karboksipeptidaze pa omogočajo sproščanje aminokislin. Večina teh encimov (izjema so kalpaini) ostane relativno dobro aktivna tudi med procesom predelave (tudi do več mesecev), zaradi česar imajo pomembno vlogo pri proteolizi in so bistvene pri razvoju

kakovostnih mesnin. V primeru razdetega ali mletega mesa (salame), k proteolizi pomembno prispevajo tudi encimi mikrobne mikroflore, ki imajo pomembno funkcijo pri razgradnji beljakovin. Pri izdelkih iz integralnih kosov, ki so v notranjosti praktično sterilni, pa imajo prevladujočo vlogo že omenjeni endogeni encimi. Pri izdelavi fermentiranih izdelkov se določeni mikroorganizmi dodajajo kot štarter kulture, najbolj pomembni so tisti iz vrst mlečnokislinskih bakterij (Toldrá, 2004).

Lipoliza je skupno ime za procese, pri katerih pride do encimskih reakcij, ki vplivajo na spremembe triacilgliceridov in fosfolipidov. V nevtralnno-bazičnih pogojih, kakršnim so izpostavljeni v maščobnem tkivu, so najbolj aktivne tri vrste lipolitičnih encimov: lipoproteinske lipaze, hormonsko odvisne lipaze in monoacilglicerol lipaze. Ti encimi večinoma ostanejo aktivni med procesom soljenja in tudi v krajšem obdobju po njem, medtem ko nevtralne lipaze zadržijo aktivnost precej dlje - še dolgo med procesom zorenja in sušenja (Toldrá in Flores, 1998). Obseg lipolize je največji v prvih šestih mesecih zorenja, nato pa začne upadati. Pri lipolizi prihaja do sprostitve prostih maščobnih kislin, ki so prekursorji za nadaljnje reakcije (oksidacijo). Pri tem se začno sproščati hlapne aromatične snovi, ki vplivajo na aromo izdelka. Večina prostih maščobnih kislin v mišicah je rezultat hidrolize fosfolipidov in ima pomembno vlogo pri razvoju okusa in arome, gre predvsem za dolgoverižne večkrat nenasičene maščobne kisline, ki so dovzetne za oksidacijo. Med predelavo sušenih mesnin nastanejo pogoji, ki spodbujajo oksidacijo maščob, v samem mesu pa delujejo še endogeni oksidativni mišični encimi (lipoksigenaze in ciklooksigenaze). Oksidacijo spodbuja tudi povečana temperatura med sušenjem in zorenjem ter sama dolgotrajnost izdelave tovrstnih mesnin. Izjemno pomemben vpliv na oksidacijo mesnin ima tudi sestava krme. Maščobnokislinska sestava krme se odraža v maščobnokislinski sestavi maščobe prašičev, pri oksidaciji nenasičenih maščobnih kislin pa pride do razvoja hlapnih snovi, kar se odraža na aromi končnega izdelka (Toldrá, 2004).

Aditivi dodani mesu imajo različne učinke na delovanje proteolitičnih in lipolitičnih encimov. Sol zavira delovanje katapsinov D in H, dipeptidaz II in III in alanil aminopeptidaz, po drugi strani pa predvsem nizke koncentracije soli pospešujejo delovanje kalpainov, aminopeptidaze B in kisle lizosomske lipaze (Toldrá, 2004). Pri nizkih koncentracijah soli in daljšem času zorenja prihaja do obsežnejše proteolize (Toldrá in Flores, 1998), kar lahko privede do napak v teksturi, slabega okusa, nesprejemljive mehkoobe, grenkoobe in kovinskega okusa (Toldrá, 2006). Temperaturni pogoji med sušenjem in zorenjem mesnin sicer pospešujejo encimsko aktivnost, se pa zaradi rahlo kislega pH zmanjša aktivnost encimov, ki delujejo v striktno kisljih, alkalnih ali nevtralnih pogojih (Toldrá, 2004). Kot že omenjeno, sol deluje prooksidativno na oksidacijo maščob, pigment ali na nastajanje oksidov holesterola.

2.3 Vloga nitrita v sušenih mesninah

Soljenje mesa in rib se je kot metoda konzerviranja uporabljalo že v davnih časih. Najprej se mesu dodajali samo sol, v 19. stoletju pa so ugotovili, da nekatere soli, npr. soliter (KNO_3), bolj učinkovito preprečujejo kvarjenje kot druge, hkrati pa pripomorejo k razvoju rdečkaste barve (Honikel, 2008). Kasneje so ugotovili, da ima poglavitno vlogo pri razsoljevanju nitrit (NO_2^-) in ne nitrat (NO_3^-). Za razliko od nitrita, se nitrat uporablja le v presnih prekajenih izdelkih, katerih proizvodnja traja dlje kot štiri tedne, saj pretvorba nitrata do nitrita poteka v daljšem časovnem obdobju preko bakterijske

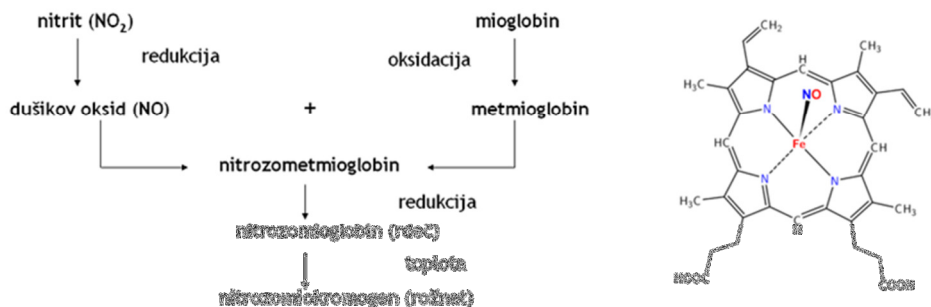
redukcije (predvsem *Micrococcaceae*). Nitrati in nitriti se danes uporabljajo predvsem v povezavi z razvojem značilne stabilne rožnate barve mesnin. V preteklosti je bil poglavitni in bistvenega pomena konzervacijski učinek nitrita proti povzročitelju botulizma (*Clostridium botulinum*), je pa nitrit vključen tudi v tvorbo tipične barve in okusa in ima antioksidativne lastnosti (pretvorba nitrata v nitrit, interakcije s kovinskimi ioni, stabilizacija nenasičenih maščobnih kislin v membranah). Ta multifunkcionalni učinek nitrita imenujejo tudi Perigo efekt (po avtorju, ki je leta 1967 prvi poročal o tem učinku). Z zdravstvenega vidika je najpomembnejša lastnost nitrita njegovo bakteriostatično delovanje, z vidika percepcije potrošnika pa je najbolj pomemben njegov vpliv na barvo (Gašperlin in Polak, 2010). Nitrite se največkrat dodaja mešanici mesa in slanine namenjenim za izdelavo salam in klobas, zaradi vpliva na tvorbo značilne rožnate barve (reakcija nitrita z mioglobinom), ki je zelo zaželeno.

2.3.1 Bakteriostatičen učinek nitrita (NO_2^-)

Kot že omenjeno je najpomembnejša lastnost nitrita njegovo bakteriostatično delovanje, saj preprečuje germinacijo spor *C. botulinum*, ki izloča izredno nevarne nevrotoksine. Smrtnost pri zastrupitvi z njimi je zelo visoka, pri preživelih osebah pa je okrevanje zelo počasno. Ker so spore *C. botulinum* prisotne v zemlji praktično povsod po svetu, je vedno potrebno vzeti v ozir možnost okužbe s to bakterijo. Spore so razvojne oblike, ki določeni (sporoženim) bakterijam omogočajo preživetje v neugodnih pogojih in so izjemno rezistentne tudi na zelo visoke ali nizke temperature. Ob ugodnih pogojih se v različnih medijih lahko razvijejo. Največkrat so izbruhi botulizma povezani z neustreznim konzerviranjem v domačem okolju. Primarni dejavniki omejevanja rasti so temperatura (nad 50°C oziroma pod 10 50°C), kislost medija ($\text{pH} < 4.6$), nizka a_w , nizek redoks potencial, odsotnost kisika, konkurenčni mikroorganizmi, aditivi, med njimi na prvem mestu nitrit.

2.3.2 Vpliv nitrita (NO_2^-) na barvo

Barva (in videz mesa) je prva lastnost, na katero so pozorni potrošniki (Totosaus, 2009). Vpliv nitrita na barvo je tudi najbolj raziskana in dokumentirana lastnost. Značilno barvo razsoljenega mesa lahko dosežemo na več načinov: z dodajanjem nitritnih ali nitratnih soli, ter z dimljenjem, saj pri izgorevanju prav tako pride do tvorbe dušikovega dioksida, ki je vzrok za nastanek rožnate barve (Cornforth in Jayasingh, 2004). Značilna rožnata barva mesnin je posledica številnih zapletenih reakcij, ki vodijo do nastanka nitrozomioglobina. Mioglobin v mišicah je prisoten v treh stanjih. Kofaktor hem, sestavljen iz porfirinskega obroča in železovega atoma, namreč lahko veže različne ligande ali pa nastopa v prosti obliki, kjer je železo v Fe^{2+} ali Fe^{3+} obliki. V izvornem stanju mioglobin z Fe^{2+} ne veže ligandov (z izjemo vode), ob prisotnosti kisika pa veže molekulo kisika in se obarva rdeče (oksimioglobin). Zaradi nadaljnje izpostavljenosti kisiku ali ostalim oksidantom, kot je nitrit, se Fe^{2+} oksidira v Fe^{3+} , nastane metmioglobin, ki je rjave barve. Vse oblike mioglobina (deoksimioglobin, oksimioglobin in metmioglobin) so naravno prisotne v mesu. V mišicah živih živali je metmioglobina zelo malo, saj ga specifični encimi stalno pretvarjajo nazaj v reducirano obliko, po zakolu pa se njegova koncentracija hitro povečuje hkrati z izginjanjem kisika. S pomočjo reducirajočih encimov ali ob prisotnosti reductentov (npr. askorbata) se Fe^{3+} reducira v Fe^{2+} , nanj se veže dušikov oksid, ki nastane iz nitrita. Pri tem nastane nitrozometmioglobin (Slika 2).



Slika 2: Razvoj tipične barve zaradi delovanja nitrita v mesu

2.3.3 Drugi učinki nitrita (NO_2^-)

Nitriti ne vplivajo na delovanje proteolitičnih in lipolitičnih encimov, imajo pa pomembno vlogo pri zmanjševanju oksidacije maščobnih kislin in s tem pomembno prispevajo k razvoju okusa in teksture (Toldrá in Flores, 1998). Oksidacijo učinkovito preprečuje kljub temu, da je v razsoljenih izdelkih dodana sol, ki je oksidant. Glavni razlog, zaradi katerega pride do kvarjenja izdelkov, je oksidacija maščob. Odvisna je od deleža nenasičenih maščob v mesu, temperature, časa, izpostavljenosti kisiku in dodajanja antioksidantov in reducirajočih snovi (Sindelar in Milkowski, 2011). Nitrit in nitrat sicer nimata neposrednega učinka na preprečevanje oksidacije maščob, na nadzor le-te namreč vpliva dušikov oksid (NO). Ta se veže na proste radikale, ki nastajajo iz nenasičenih maščob in s tem preprečuje njihovo oksidacijo (Mills, 2004).

Dodajanje nitrita mesu pripomore tudi k razvoju specifičnega okusa, ki naj bi bil posledica antioksidativnega delovanja nitrita (Honikel, 2008). Mehanizmi zaradi katerih pride do razvoja specifičnega okusa sicer niso dobro poznani. Je pa znano, da se zaradi antioksidativnega delovanja nitrita upočasni razgradnja nenasičenih maščobnih kislin in prepreči nastanek sekundarnih produktov lipidne oksidacije. To naj bi pripomoglo k razvoju tipičnega okusa razsoljenega mesa (Pegg in Shahidi, 2006). Pri mesu, ki mu nitritov ne dodajamo, prihaja do manjše oksidativne stabilnosti in s tem do razvoja žarkosti, zanimivo je da se kljub dodajanju drugih vrst antioksidantov, okus, ki je specifičen pri dodajanju nitrita, ne razvije. Zato je okus razsoljenega mesa najverjetneje posledica kombinacije kompleksne arome in okusa po razsoljenem v kombinaciji z odsotnostjo okusa po žarkem (Sindelar in Milkowski, 2011).

3 Vpliv soli in nitritov na zdravje

Bolezni srca in ožilja pripisujejo povišanemu krvnemu pritisku, kajenju in povišanemu nivoju holesterola v krvi. Od naštetih vzrokov je povišan krvni pritisk najpomembnejši neposredni vzrok smrti. Visok krvni pritisk in naraščanje le-tega s starostjo sta neposredno odvisna od previsokega vnosa soli, nizkega vnosa K, nezadostnega uživanja zelenjave in sadja, čezmernega uživanja alkohola, previsoke telesne teže in nezadostne telesne dejavnosti (WHO, 2006). V nacionalnem akcijskem načrtu za zmanjšanje soli v prehrani prebivalcev Slovenije za obdobje 2010-2020 (Hlastan Ribič in sod., 2010) je povzeto, da je čezmeren vnos soli oziroma Na pomemben prehranski dejavnik tveganja za zdravje, saj je eden od glavnih vzrokov za povišanje krvnega pritiska, ki vodi do možganske kapi. Poleg tega je čezmeren vnos Na povezan z razvojem srčno-žilnih

bolezni, zapleti pri sladkorni bolezni tipa 2, osteoporozo, debelostjo, boleznimi ledvic, astmo in raka na želodcu. Skupno poročilo organizacij FAO in WHO (WHO/FAO, 2003) priporoča, naj bi dnevno zaužili največ 5 g kuhinjske soli (i.e. 2 g Na).

Predelane mesnine, poleg kruha, krušnih izdelkov in sirov, predstavljajo enega od glavnih virov zaužite soli. Možnosti znižanja soli v mesninah se razlikuje glede na posamezne skupine mesnin, pri tem je potrebno upoštevati vpliv soli na ohranjanje značilne senzorične kakovosti in mikrobiološko stabilnost. Ker je z vidika zdravja problematičen prevelik vnos Na, je potrebno upoštevati tudi druge dejavnike, s katerimi povečamo vsebnost le-tega v mesninah. K povečanju vsebnosti Na v mesninah tako vplivamo z dodajanjem aditivov, ki vsebujejo Na: Na tripolifosfat (vsebuje 31,2 % Na), NaNO_3 (27,1 %), NaNO_2 (33,2 %), Na askorbat in eritorbat (11,6 %), mononatrijev glutamat (13,6 %).

Dodajanje nitritov mesu se povezuje s povečanim tveganjem za raka prebavil, ki naj bi ga povzročali N-nitrozamini (Pegg in Shahidi, 2006). Nitrozamini nastanejo endogeno pri reakcijah aminov z nitrati in nitriti. Glavno mesto, kjer do tvorbe endogenih N-nitrozaminov prihaja, je želodec, saj v njem zaradi prisotnosti klorovodikove kisline prihaja do nitrozo reakcij (Brambilla in Martelli, 2007). Ljudje so izpostavljeni široki paleti prekurzorjev N-nitrozo spojin iz hrane. Glavna vira vnosa nitratov predstavljata voda in zelenjava, sušene in dimljene mesnine pa predstavljajo enega od glavnih virov eksogenih nitrozaminov. Evropska agencija za varnost hrane (EFSA, 2010) sicer ni ugotovila zadostnega razloga za prepoved uporabe nitratov in nitritov pri predelavi mesnin, priporoča pa uporabo kar najmanjših količin za doseg želenih učinkov. Nadzorovanje endogenih dejavnikov, ki vplivajo na nastanek nitrozaminov, je zelo težko, zato je skrb za zmanjšanje dodajanja nitritov pri predelavi mesa smotrna (Pegg in Shahidi, 2006).

4 Principi zmanjšanja vsebnosti soli in nitritov v mesninah

Kot v ostalih prehranskih sektorjih, je tudi v predelavi mesa za doseg bolj zdravih izdelkov potrebno zmanjšati vsebnost problematičnih sestavin na čim manjšo raven. Meso in mesni izdelki so sicer esencialni v prehrani človeka, vendar vsebujejo tudi sestavine npr. maščobe, specifične maščobne kisline, holesterol, Na, nitrite, ki imajo lahko neugoden vpliv na zdravje. Za doseg ugodne sestave mesa in mesnih izdelkov je potrebno ukrepati na več nivojih; tako pri tehnologiji reje živali kot v predelavi, ter tudi v fazah, ki so odvisne od potrošnika (shranjevanje, način priprave), ki prav tako prispevajo k varnosti izdelka (Jiménez-Colmenero in sod., 2011).

4.1 Zmanjševanje vsebnosti soli

Razvoj mesnin z nizko vsebnostjo soli ni preprost, ker ima sol v izdelkih pomembno vlogo. Pri takih izdelkih težave ne predstavlja le manjša slanost, temveč tudi značilna aroma, na katero so potrošniki navajeni in jo želijo tudi pri izdelkih z manj soli. Preden najdemo ustrezen aromatični nadomestek za kuhinjsko sol, je najboljša pot postopno zmanjševanje vsebnosti soli v izdelkih. Pokazalo se je, da se do 25-odstotno zmanjšanje vsebnosti soli v živilu lahko doseže brez občutne spremembe senzoričnih značilnosti nekaterih skupin izdelkov (Hlastan Ribič in sod., 2010).

Pri razvijanju izdelkov z zmanjšano vsebnostjo soli je potrebno upoštevati vpliv zmanjšanja količine soli na tehnološke funkcije kot so sposobnost vezanja vode, maščob, tekstura, senzorične lastnosti, obstojnost in rok trajanja izdelkov (Desmond, 2006). Zaradi zmanjšanja količine soli in krajšanja časa soljenja je kakovost končnega izdelka lahko ogrožena, predvsem zaradi mehke teksture (Blesa in sod., 2008), z zmanjševanjem količine soli se namreč povečuje delež vlage (Ferreira in sod., 2013). Dva najpogosteje uporabljana načina, s katerima je možno zmanjšati vsebnost soli, sta skrajšanje časa soljenja ali zmanjšanje količine dodane soli ter zamenjava kuhinjske z drugimi vrstami soli kot so KCl, MgCl₂ in CaCl₂ (Blesa in sod., 2008). Pri izdelkih, kjer želimo doseči manjšo vsebnost soli, se lahko poslužujemo tudi drugim načinov, uporabimo lahko maskirne snovi, ki v kombinaciji s soljo povečujejo okus slanosti, vendar same po sebi niso slanega okusa (Desmond, 2006).

Ob zmanjševanju vsebnosti soli se porajajo različna vprašanja (Blesa in sod., 2008):

- kakšna je količina soli, pri kateri je še možno zagotavljanje varnega, mikrobiološko stabilnega proizvoda,
- ali prihaja do anomalij v barvi in teksturi
- ali prihaja do aktivnosti različnih kationov pri encimski aktivnosti tekom procesov razsoljevanja,
- kakšen je potreben čas soljenja pri uporabi različnih mešanic soli
- kakšna je difuzija različnih vrst soli znotraj stegna
- ali uporaba nadomestnih soli lahko vodi v zmanjšano intenzivnost slanosti in v razvoj nezaželenega kovinskega, grenkega ali trpekega okusa

4.1.1 Zmanjševanje količine dodane soli

Najbolj osnoven pristop k zmanjšanju vsebnosti soli v mesninah je z zmanjšanjem količine dodane soli. Ferreira in sod. (2013) so kakovost in mikrobiološko ustreznost soljene svinjine preučevali pri različnih količinah dodane soli (brez, 2,5, 5, 7,5 in 10,0 %). S povečevanjem dodatka soli se je zmanjševala a_w , povečala se je sposobnost vezanja vode, pri manjših koncentracijah soli (0 in 2,5 %) pa so že zaznali večje število mezofilnih bakterij, zaradi česar se lahko skrajša rok trajanja. Dos Santos in sod. (2015) so pri polovični redukciji soli v sušenih klobasah (iz 2,5 % na 1,25 %) zaznali več sproščenih aminokislin, s čimer lahko sklepamo na večjo proteolizo, posledično so bile te klobase bolj mehke.

4.1.2 Krajšanje dolžine soljenja

Pri integralnih kosih je zmanjševanje vsebnosti soli z zmanjšanjem količine dodane soli praktično težko izvedljivo. Način zmanjševanja količine soli v pršutu je možen s skrajšanjem časa soljenja, kar smo testirali tudi v okviru projekta Agrotur v sodelovanju s slovenskimi pršutarnami. Vsebnost soli v kraškem pršutu po pravilih konzorcija ne sme presegati 7,5 %, kar je več kot v primerljivih italijanskih pršutih (npr. za Parma pršut je dovoljena vsebnost soli 4-6 %). Način zmanjševanja količine soli s pomočjo krajšanja časa soljenja smo testirali v dveh poskusih. V poskusu 1 smo običajno 14-dnevno soljenje skrajšali na 11 in 8 dni ter dosegli 12 oz. 30 % nižjo vsebnost soli, v poskusu 2 smo v fazo soljenja posegli bolj radikalno, saj smo 18-dnevno soljenje skrajšali na 6 dni ter s tem vsebnost soli zmanjšali za 40 %. Nižje vsebnosti soli v pršutu so bile povezane z manjšo vsebnostjo suhe snovi, ki se je odražala v povečani proteolizi oz. razgradnji beljakovin. Z zniževanjem vsebnosti soli se je povečevala tudi a_w , ki je kazalec mikrobiološke

stabilnosti pršuta. Pri 40 % redukciji soli je a_w dosegla kritične vrednosti, ki jih dovoljuje konzorcij za kraški pršut ($< 0,93$). Ena izmed rešitev bi bilo podaljšanje faze počivanja, med katero pride do izenačitve koncentracije soli znotraj celotnega stegna, kar daje izdelku stabilnost med sledečimi fazami predelave. Schivazappa in sod. (2013) so namreč pri proizvodnji italijanskega pršuta ob 25-odstotni redukciji soli s podaljšanjem faze počitka za skoraj dva meseca dosegli zahtevano a_w . Dolžina soljenja v našem poskusu je vplivala tudi na reološke in senzorične lastnosti pršuta. Razlike v slanosti in teksturi je zaznal tudi senzorični panel. Pri največji redukciji soli so se zaradi povečanega obsega proteolize pojavile nekatere nezaželene lastnosti, kot sta pastoznost in prisotnost tujih arom. Rezultati poskusa so pokazali, da bi bilo pri proizvajalcih kraškega pršuta, ki so sodelovali v poskusu, in glede na tip surovine (stegna standardnih komercialnih pitancev), optimalno 8-10 dni dolgo soljenje (Škrlep in sod., 2014).

4.1.3 Nadomeščanje navadne soli z drugimi vrstami

Največkrat se kot nadomestek soli z namenom pridobivanja manj slanih izdelkov uporablja KCl, vendar že lahko pri polovični zamenjavi NaCl s KCl pride do povečane grenkobe in manj izrazite slanosti (Desmond, 2006). Gou in sod. (1996) so na primer pri fermentiranih klobasah grenak okus zaznali pri 30 % zamenjavi NaCl s KCl, ki pa ga je senzorični panel označil kot moteč šele pri 50-odstotni zamenjavi. Pri sušenem kareju se je ta priokus razvil pri 50- in 60-odstotni zamenjavi NaCl s KCl. Pri proizvodnji mesnin ima K sicer podobne lastnosti kot Na, s to razliko, da po zaužitju ne vpliva na povečanje krvnega pritiska in na razvoj srčno-žilnih bolezni (Buemi in sod., 2002). Moramo pa biti ob uporabi KCl kljub temu previdni, saj obstajajo določene skupine ljudi, pri katerih je povečan vnos K lahko nevaren (bolniki s sladkorno boleznijo tipa I, z boleznimi ledvic, s težkimi srčnimi obolenji, z zmanjšanim delovanjem nadledvične žleze; FSAI, 2005). Več avtorjev (Blesa in sod., 2008; Aliño in sod., 2010; Ripollés in sod., 2011; Armenteros in sod., 2012) je preučevalo vpliv dveh mešanic soli v primerjavi z NaCl, in sicer vpliv mešanice NaCl in KCl (50% NaCl in 50% KCl) ter mešanice štirih različnih soli (55% NaCl, 25% KCl, 15% CaCl_2 in 5% MgCl_2). Ugotovili so, da se pri zamenjavi soli podaljša čas razsoljevanja (Blesa in sod., 2008; Aliño in sod., 2010), Ca in Mg ioni namreč slabše difundirajo proti notranjosti stegna, prisotnost K ionov pa zmanjšuje a_w počasneje v primerjavi z Na. Zato je potrebno čas soljenja v primeru uporabe drugih vrst soli podaljšati. Vpliva na a_w in število mikroorganizmov niso ugotovili (Blesa in sod., 2008). Ripollés in sod. (2011) so preučevali vpliv na obseg lipolize in oksidacijo maščob v pršutih in glede na večjo tvorbo prostih maščobnih kislin pri mešanici štirih soli sklepali na večji obseg lipolize. Pri pršutih soljenih samo z NaCl se je v primerjavi z drugima dvema mešanicama oksidacija maščob pričela kasneje, saj se je vsebnost malondialdehida, ki je produkt oksidacije maščobnih kislin z več kot dvema nenasičenima vezema, pričela povečevati kasneje. Obseg proteolize se je pri zamenjavi soli zmanjšal (Armenteros in sod., 2012), o tem so avtorji sklepali glede na manjšo količino prostih aminokislin. Pršuti, ki so bili soljeni z mešanico štirih soli so bili tudi slabše senzorično ocenjeni, za divalentne katione je namreč značilno, da so grenkega okusa, posledično se razvijejo različni kovinski, trpki, neprijetni priokusi. Dos Santos in sod. (2015) so pri polovični zamenjavi NaCl s CaCl_2 v sušenih klobasah zaznali povečano trdoto, s časom pa so tako pripravljene klobase postajale bolj čvrste, kar je s senzoričnega vidika nezaželeno. Pri substituciji polovične količine NaCl s KCl takega vpliva niso ugotovili.

4.1.4 Drugi vidiki vpliva na slanost

Na dosego zelenih senzoričnih lastnosti (v tem primeru slanosti) vpliva tudi kombinacija vsebnosti maščobe in soli. Ruusunen in sod. (2005) so na primer ugotovili, da delež mesa v izdelkih močno vpliva na percepcijo slanosti, v pleskavicah iz govejega mesa, ki so vsebovale večji delež mesa, je bilo za zagotavljanje zelenega okusa dodati več soli kot pri tistih, ki so vsebovale večji delež maščobe. Na slanost mesnin vpliva tudi količina podkožne in intramuskularne maščobe, pri bolj mastnih kosih je navzemanje soli manjše, zato je lahko končna vsebnost soli manjša (Jiménez-Colmenero in sod., 2010).

Ko govorimo o toplotno obdelanih mesninah lahko omenimo še druge možnosti kot so izbira drugačne fizikalne oblike soli. Na zaznavo slanosti namreč vplivata velikost in oblika kristalov. Tako je npr. kosmičena sol hitreje topljiva in tehnološko bolj učinkovita kot kristalna sol, pa tudi zaznava slanosti se spremeni (Desmond, 2006). Možna je tudi uporaba drugih dodatkov za zmanjšanje negativnih učinkov redukcije soli na okus. Na primer fosfati, ki povečajo sposobnost za vezavo vode in maščob. Učinkovitost fosfatov je odvisna od njihove vrste in koncentracije, pH surovine, vsebnosti NaCl, prisotnosti drugih inhibitorjev (nitritov, sorbatov) in od toplotne obdelave. Pri uporabi fosfatov se lahko dodatek soli zmanjša do 50 % (Jiménez-Colmenero in sod., 2001). Tudi z dodajanjem ojačevalcev okusa lahko precej zmanjšamo vsebnost soli v mesninah. S tem namenom lahko med drugim dodajamo kvasne ekstrakte, laktate, mononatrijev glutamat in nukleotide (Desmond, 2006). Glutamat, ki ga dodamo hrani v količini 0,1 do 0,8 %, pripomore k izboljšanju okusa, s tem lahko količino soli zmanjšamo za 30 do 40 % brez vpliva na okus.

4.2 Zmanjševanje vsebnosti nitritov

Za zmanjšanje negativnih vplivov nitritov, ki izvirajo iz mesnin, na zdravje potrošnika lahko vplivamo na dva načina in sicer s prenehanjem dodajanja nitrita ali z dodajanjem snovi, ki zavirajo nastajanje N-nitrozaminov (Jiménez-Colmenero in sod., 2001). Možnost, da bi tako univerzalen dodatek kot je nitrit, nadomestili z eno samo spojino je zelo majhna, je pa jasno, da se zaradi dodajanja drugih dodatkov in hranjenja izdelkov pri nizkih temperaturah, učinkovitost nitrita lahko zelo poveča (Pegg in Shahidi, 2006). Ker je vpliv nitrita pri predelavi mesnin zelo kompleksen, so možnosti za njegovo zamenjavo obravnavane glede na učinek (barva, oksidativna ali mikrobiološka stabilnost).

4.2.1 Vpliv na barvo

Najprej omenimo možnosti, ki zadevajo zagotavljanje zaželenih barv, v primerih ko je to potrebno. Pri dolgo zorenih izdelkih (pršuti) se namreč značilna rdeča barva razvije tudi če za soljenje ne uporabljamo nitritnih soli. Kot so ugotovili Grossi in sod. (2014) se med predelavo poruši struktura mioglobina, nato zaradi delovanja feroketalaze pride do sprostitve železovega iona. V porfirinskem obroču ga zamenja cinkov ion, kar privede do razvoja intenzivne barve. Na barvo mesa lahko vplivamo tudi s samo prehrano živali. Če živali zauživajo večje količine antioksidantov, je posledično večja tudi njihova vsebnost v mesu. S tem lahko vplivamo na boljšo obstojnost rdeče barve, saj ne prihaja do oksidativnih sprememb mioglobina, ki se sicer obarva rjavo.

Za zagotavljanje primerne barve mesnih izdelkov se kot alternativo nitritom lahko doda barvilo. Zaradi povečanih zahtev potrošnikov po naravno pridelani hrani brez aditivov, se je povečala težnja po dodajanju barvil iz naravnih virov. Pri izdelavi nekaterih mesnin se

tako uporabljajo naravna barvila, ki so lahko rastlinskega, živalskega ali mineralnega izvora. Med naravna barvila, ki jih lahko dodamo mesu za dosego zelene barve uvrščamo betaline (E 162, iz rdeče pese, blitve, opuncije, navadne barvilnice - *Phytolacca americana*), karminsko kislino (E120), ki jo pridobivajo iz košeniljega kaparja, kurkumin (E 100), ki ga pridobivajo iz kurkume, likopen (E 160d), vir katerega predstavlja paradižnik, monakolin K (iz rdečih kvasovk riža), ekstrakt paprike, ogljikov monoksid in zelenjavni sokovi z dodano kulturo *Staphylococcus carnosus* (Totosaus, 2009).

Kot nadomestek nitrita se lahko mesu dodaja sintetični pigment CCMP (angl. "cooked cured meat pigment"). CCMP pripomore k fiksaciji barve, zaradi preprečevanja oksidacije se dodajajo v kombinaciji z antioksidanti (Pegg in Shahidi, 2006). Mešanice teh snovi so se poleg vpliva na barvo izkazale za učinkovite tudi pri razvoju okusa, oksidativne stabilnosti, kot tudi pri antimikrobnem delovanju, so pa najbolj učinkovite pri mesnih izdelkih, pri izdelavi katerih se uporablja mletje, saj se snovi bolj enakomerno porazdelijo. Pri razsoljevanju se lahko dodajajo tudi askorbinska in eritorbna kislina ali njihove soli z Na, ki pripomorejo k formiranju NO, povečujejo antioksidativno aktivnost, stabilizirajo barvo in okus in inhibirajo nastajanje nitrozaminov (Toldrá, 2002).

4.2.2 Vpliv na oksidativno stabilnost

Za preprečevanje oksidativnega kvarjenja se uveljavlja trend dodajanja antioksidantov, ki pripomorejo k boljši oksidativni stabilnosti mesnin. Zaradi skepse do sintetičnih antioksidantov se čedalje bolj uveljavlja dodajanje naravnih snovi za povečevanje oksidativne stabilnosti. Mesninam se lahko dodajajo izvlečki različnih začimbnic, zelišč in drugih rastlinskih vrst, ki so bogate s polifenoli, saj imajo sposobnost upočasnjevanja oksidativne degeneracije maščob in s tem izboljšujejo prehransko vrednost hrane. V to skupino spadajo slive, izvleček grozdnih pečk, brusnice, granatno jabolko, vednozeleni gornik, izvleček skorje obmorskega bora, rožmarin, origano. Nekateri naravni antioksidanti imajo celo večjo antioksidativno kapaciteto kot umetni (Karre in sod., 2013). Kljub ugodnemu antioksidativnemu delovanju določenih začimbnic in zelišč ali njihovih izvlečkov pa je dodajanje le-teh pogostokrat omejeno zaradi vpliva na okus, ki se lahko razvije (Pegg in Shahidi, 2006). Viri naravnih antioksidantov (npr. zelenjavni sokovi, ekstrakti) so največkrat prisotni pri izdelkih, ki so klasificirani kot organski, naravni ipd. Ker nekatere vrste zelenjave (zelena, solata, pesa), same po sebi vsebujejo precejšnje količine nitratov, lahko dodajanje prispeva k dvigu vsebnosti nitritov v končnem izdelku. Predvsem zelena je zaradi nevtralne barve in blagega okusa primerna za dodajanje mesninam in lahko predstavlja naravni vir nitritov (Sebranek in Bacus, 2007).

4.2.3 Vpliv na mikrobiološko stabilnost

Snovi, ki bi bile sposobne nadomestiti bakteriostatičen učinek nitrita, bi morale biti učinkovite pri vseh vrstah razsoljenega mesa, morale bi preprečevati razvoj patogenov in kvarljivcev, hkrati pa ne bi smele posegati v razvoj koristne mikroflore (v primeru fermentiranih izdelkov). Poleg tega bi morala biti taka snov vsaj toliko učinkovita kot nitrit, varna, temperaturno obstojna, brez okusa in učinkovita že v majhnih koncentracijah. Kot povzeto v prispevku Pegg in Shahidi (2006) preučevane alternative nitritom vključujejo propilparabene, sorbično kislino in njene K soli, estre mravljične kisline, mlečno kislino in njene soli, nizin in druge baktericine. Na mikrobiološko

stabilnost mesnin pa lahko vplivamo tudi z dodajanjem rastlinskih snovi naravnega izvora. K antimikrobnim lastnostim teh prispevajo predvsem fitoaleksini, organske kisline in fenolne spojine. Jackson in sod. (2011) so npr. ugotovili, da so mešanice različnih naravnih dodatkov (kis, limona, češnjevi prah) pri zaviranju rasti *Clostridium perfringens* skoraj tako učinkovite kot konvencionalno uporabljene (vsebujejo nitrite).

5 Zaključek

Sol in nitriti imajo pri izdelavi mesnin pomembno tehnološko vlogo. Poleg zagotavljanja ustreznih senzoričnih lastnosti, je dodajanje obeh snovi pomembno tudi z vidika zagotavljanja varnosti živila. Ker ima sol pomembne tehnološke lastnosti, se njeni uporabi ne moremo popolnoma izogniti, lahko pa ob pazljivem izboru same surovine in prilagajanju proizvodnje njeno vsebnost v končnem izdelku zmanjšamo. Podobno velja za nitrit. Pri izdelavi mesnin brez dodatka nitrata oziroma nitritov se moramo zavedati, da take spremembe lahko vodijo do manjše mikrobiološke varnosti in krajše obstojnosti mesnin, če se ne uporabi alternativnih konzervansov oziroma se temu ne prilagodi rok uporabnosti.

Viri

- Aliño M, Grau R, Fuentes A, Barat JM, 2010. Influence of low-sodium mixtures of salts on the post-salting stage of dry-cured ham process. *J. Food Eng.* 99: 198-205.
- Armenteros M, Aristoy MC, Barat JM, Toldrá F, 2012. Biochemical and sensory changes in dry-cured ham salted with partial replacements of NaCl by other chloride salts. *Meat Sci.* 90: 361-367.
- Blesa E, Aliño M, Barat JM, Grau R, Tolda F, Pagán MJ, 2008. Microbiology and physico-chemical changes of dry-cured ham during the post-salting stage as affected by partial replacement of NaCl by other salts. *Meat Sci.* 78: 135-142.
- Brambilla G, Martelli A, 2007. Genotoxic and carcinogenic risk to humans of drug-nitrite interaction products. *Mutat. Res.* 635: 17-52.
- Buemi M, Senatore M, Corica F, Aloisi C, Romeo A, Tramontana D, Frisina N, 2002. Diet and arterial hypertension: Is the sodium ion alone important? *Med. Res. Rev.* 22: 419-428.
- Cornforth DP, Jayasingh P, 2004. Colour and Pigment. V: *Encyclopedia of Meat Sciences*. (Ur. WK Jensen, C Devine, M Dikeman). Elsevier Ltd., Oxford, UK, str. 249-256.
- Desmond E, 2006 Reducing salt: A challenge for the meat industry, *Meat Sci.* 74: 188-196.
- Dos Santos BA, Campagnol PCB, Cavalcanti RN, Pacheco MTB, Netto FM, Motta EMP, Celeguini RMS, Wagner R, Pollonio MAR, 2015. Impact of sodium chloride replacement by salt substitutes on the proteolysis and rheological properties in dry fermented sausages. *J. Food Eng.* 151: 16-24.
- EFSA, 2003. The effects of nitrites/nitrates on the microbiological safety of meat products. *EFSA Journal* 14: 1-31.
- EFSA, 2010. Statement on nitrites in meat products. *Efsa Journal* 8(5): 1538: 1-12.
- Ferreira V, Martins Z, Santos E, Da Silva F, Araujo I, Nascimento M, 2013. Physicochemical and microbiological parameters of dried salted pork meat with different sodium chloride levels. *Food Sci. Technol.* 33: 382-386.
- FSAI, 2005. Salt and health: review of the scientific evidence and recommendations for public policy in Ireland. Food Safety Authority of Ireland, Dublin, Irska, 32 str.
- Gašperlin L, Polak T, 2010. Tehnologija mesa in mesnin I. Drugi učbenik za študente univerzitetnega študija Živilstvo in prehrana pri vajah predmeta Tehnologija mesa in mesnin I. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za živ., 67 str.

- Gou P, Guerrero J, Gelabert J, Anau J, 1996. Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin. *Meat Sci.* 32: 37-48.
- Grant WD, 2004. Life at low water activity. *Phil. Trans. R. Soc. Lon.* 359: 1249-1267.
- Grossi AB, do Nascimento ESP, Cardoso DP, Skibsted LH, 2014. Proteolysis involvement in zinc-protoporphyrin IX formaton during Parma ham maturation. *Food Res. Int.* 56: 252-259.
- Heinz G, Hautzinger P, 2007. Meat processing technology for small- to medium-scale- producers. Food and agriculture organization of the United nations regional office for Asia and the Pacific. Bangkok, Tajska, 456 str. (<http://www.fao.org/docrep/010/ai407e/ai407e14.html>)
- Hlastan Ribič C, Poličnik R, Fajdiga Turk V, Maučec Zakotnik J, Kerstin Petrič V, 2010. Nacionalni akcijski načrt za zmanjševanje uživanja soli v prehrani prebivalcev Slovenije za obdobje 2010-2020. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje, 45 str. (<http://www2.gov.si/mz/mz-splet.nsf>)
- Honikel K-O, 2004. Chemical analysis for specific components. V: *Encyclopedia of Meat Sciences.* (Ur. WK Jensen, C Devine, M Dikeman). Elsevier Ltd., Oxford, UK, str. 195-201.
- Honikel K-O, 2008. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Sci.* 78: 68-76.
- IARC 2010. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. VOLUME 94: Ingested nitrate and nitrite, and cyanobacterial peptide toxins. International Agency for Research on Cancer, Lyon, Francija, 464 str.
- Jackson AL, Kulchaiyawat C, Sullivan GA, Sebranek JG, Dickson JS, 2011. Use of natural ingredients to control growth of *Clostridium perfringens* in naturally cured fankfurters and hams. *J. Food. Prot.* 74: 417-424.
- Jiménez-Colmenero F, Carballo J, Cofrades S, 2001. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Sci.* 59: 5-13.
- Jiménez-Colmenero F, Blázquez Solana J, 2009. Additives: Preservatives. V: *Handbook of processed meats and poultry analysis* (Ur. LML Nolle, F Toldrá). CRC Press. Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA, str. 91-108.
- Jiménez-Colmenero F, Ventanas J, Toldrá F, 2010. Nutritional composition of dry-cured ham and its role in a healthy diet. *Meat Sci.* 84: 585-593.
- Karre L, Lopez K, Getty KJK, 2013. Natural antioxidants in meat and poultry products. *Meat Sci.* 94: 220-227.
- Mills E, 2004. Additives. V: *Encyclopedia of Meat Sciences.* (Ur. WK Jensen, C Devine, M Dikeman). Elsevier Ltd., Oxford, UK, str. 1-6.
- Pegg RB, 2004. Curing: Production procedures. V: *Encyclopedia of Meat Sciences.* (Ur. WK Jensen, C Devine, M Dikeman). Elsevier Ltd., Oxford, UK, str. 349-360.
- Pegg RB, Shahidi F, 2006. Processing of nitrite-free cured meats. V: *Advanced technologies for meat processing* (Ur. LML Nolle, F Toldrá). Taylor & Francis Group, FL, USA, str. 309-327.
- Ripollés S, Bastianello Campagnol PC, Armenteros M, Aristoy M-C, Toldrá F KJK, 2011. Influence of partial replacement of NaCl with KCl, CaCl₂ and MgCl₂ on lipolysis and lipid oxidation in dry-cured ham. *Meat Sci.* 89: 58-64.
- Ruusunen M, Vainionpää J, Lyly M, Lähteenmäki L, Niemistö M, Ahvenainen R, Puolanne E, 2005. Reducing the sodium content in meat products: The effect of the formulation in low-sodium ground meat patties. *Meat Sci.* 69: 53-60.
- Schivazappa C, Pinna A, Virgili R, 2013. Effect of salt reduction on the length of the resting stage of Italian typical dry-cured ham. *Acta Agric. Slov. Suppl.* 4: 189-192.
- Sebranek JG, Bacus JN, 2007. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? *Meat Sci.* 77: 136-147.
- Sindelar JJ, Milkowski AL, 2011. Sodium nitrate in processed meat and poultry meats: A review of curing and examining the risk/benefits of its use. American Meat Science Association, White Paper Series. No. 3: 1-16. <http://www.meatscience.org/SodiumNitriteReview.aspx> (24.10.2014)
- Škrlep M, Čandek-Potokar M, Potočnik B, Prevolnik Povše M, Batorek Lukač N, Žemva M, Lisjak K, 2014. Zmanjšanje soli v pršutu - predstavitve rezultatov projekta AGROTUR. Zbornik

- predavanj 23. mednarodno znanstveno posvetovanje o prehrani živali (Zdravčevi-Erjavčevi dnevi): 167-172.
- Tabanelli G, Montanari C, Grazia L, Lanciotti R, Gardini F, 2013. Effects of a_w at packaging time and atmosphere composition on aroma profile, biogenic amine content and microbiological features of dry fermented sausages. *Meat Sci.* 94: 177-186.
- Toldrá F, Flores M, 1998. The role of muscle proteases and lipases in flavour development during the processing of dry-cured ham. *Critical Review in Food Science.* 38: 331-352.
- Toldrá F, 2002. Dry-cured meat products. Food & Nutrition Press, Inc, Trombull, CT, USA, 244 str.
- Toldrá F, 2004. Curing: Dry. V: *Encyclopedia of Meat Sciences.* (Ur. WK Jensen, C Devine, M Dikeman). Elsevier Ltd., Oxford, UK, str. 360-365.
- Toldrá F, 2006. Biochemical proteolysis basis for improved processing of dry-cured meats. V: *Advanced technologies for meat processing* (Ur. LML Nollet, F Toldrá). Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA, str. 329-351.
- Totosaus A, 2009. Colorants. V: *Handbook of processed meats and poultry analysis* (Ur. LML Nollet, F Toldrá). CRC Press. Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA, str. 129-140.
- Wang Y, Li F, Zhuang H, Chen X, Li L, Qiao W, Zhang J, 2015. Effects of plant polyphenols and α -tocopherol on lipid oxidation, residual nitrites, biogenic amines, and N-nitrosamines formation during ripening and storage of dry-cured bacon. *Lebenson Wiss. Technol.* 60: 199-206.
- WHO/FAO, 2003. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of joint WHO/FAO Expert Consultation. WHO Technical Report Series, No. 916. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- WHO, 2006. Reducing salt intake in populations: Report of a WHO Forum and technical meeting, Paris, France, 5-7 October 2006.

Poglavje 10

Tehnologija reje kot temelj za zaščito EU oznak in blagovnih znamk

Marjeta Čandek-Potokar^{1,2*}
Urška Tomažin¹
Martin Škrlep¹
Maja Prevolnik Povše²
Nina Batorek Lukač¹

Povzetek. Bistvo zaščite EU oznak in blagovnih znamk je skrb za zaščito imena pred zlorabami in konkurenčnost lokalne proizvodnje. Pri geografskih poimenovanjih morajo nosilci označbe pri certificiranju izkazati tesno povezanost z območjem, katerega ime izdelki nosijo, saj so lastnosti izdelka predvsem posledica geografskega okolja z njemu lastnimi naravnimi in človeškimi dejavniki. Pri zaščiti blagovne znamke gre za zaščito imena pred zlorabami, ki pa ne predpisuje certificiranja. Med množico izdelkov z zaščitenim poimenovanjem sta dve kategoriji, kamor se uvrščajo prašičje meso in mesnine. V kategoriji svežega mesa prašičje meso predstavlja manjši delež, medtem ko v kategoriji predelanih mesnin prevladujejo izdelki iz prašičjega mesa. V prispevku so opisane sheme kakovosti, ki so v uporabi v EU, načini in tehnologije reje, ki so značilni za rejo prašičev, katerih meso se uporablja za izdelavo zaščitenih mesnin, predstavljenih je tudi nekaj izdelkov, ki lahko služijo kot vir idej za pridobitev zaščitene označbe.

1 Uvod

Zaščita kmetijskega pridelka ali živila pomeni, da so zaščiteni tako ime določenega kmetijskega pridelka ali živila kot tudi način proizvodnje in receptura. Shema kakovosti pomeni opredelitev posebnih meril in zahtev glede značilnosti, postopkov pridelave ali predelave kmetijskih pridelkov ali živil. Pri tem je pomembno, da presega predpisano kakovost. Proizvodnja takih izdelkov je po navadi tržno zanimiva in prepoznavna za potrošnike, zato so zaščiteni proizvodi prepoznani kot razvojna priložnost v kmetijstvu oziroma pridelavi hrane.

2 Evropske in nacionalne sheme kakovosti

Med evropske sheme kakovosti (Uredba EU 1151/2012 Evropskega parlamenta in Sveta) spadajo zaščiteni označba porekla, zaščiteni geografska označba in zajamčena tradicionalna posebnost. Zaščiteni geografska poimenovanja lahko pridobijo kmetijski

¹ Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče

* E: meta.candek-potokar@kis.si (Marjeta Čandek-Potokar)

pridelki in živila, za katere nosilci zaščite izkažejo, da so izdelki tesno povezani z območjem, katerega ime nosijo. **Zaščitena označba porekla - ZOP** (*angl. protected designation of origin - PDO*) zajema kmetijske pridelke in živila, ki izvirajo iz specifične regije, kraja ali države. Proizvodnja je geografsko omejena, kakovost in značilnosti pridelka ali živila pa so izključno ali bistveno posledica geografskega okolja ter njegovih naravnih in človeških dejavnikov. Vsi postopki pridelave in predelave morajo potekati na predpisanem geografskem območju, prav tako morajo iz tega območja izhajati uporabljene surovine. **Zaščitena geografska označba - ZGO** (*angl. protected geographical indication - PGI*) zajema kmetijske pridelke in živila, ki izvirajo iz določene regije, kraja ali države, le da je povezava med geografskim območjem in končnim proizvodom manj tesna kot pri zaščiteni označbi porekla. Kmetijski pridelek ali živilo ima posebno kakovost, sloves ali druge značilnosti, vsaj ena od faz proizvodnje pa mora potekati na določenem geografskem območju, po katerem je kmetijski pridelek ali živilo poimenovano, surovine pa lahko izvirajo iz drugega območja. Namen **zajamčene tradicionalne posebnosti - ZTP** (*angl. traditional speciality guaranteed - TSG*) je predvsem zaščita recepture in načina pridelave ali predelave. Sama proizvodnja ni omejena na določeno geografsko območje, saj lahko te kmetijske pridelke ali živila proizvajajo vsi, ki se držijo predpisane recepture, postopka in oblike. »Tradicionalen« pomeni dokazano uporabo na domačem trgu v obdobju, ki omogoča prenos iz generacije v generacijo; to obdobje traja najmanj 30 let.

Pot do zaščite je naporna in zahtevna. Začne se s povezovanjem motiviranih subjektov in pripravo elaborata, ki mora vsebovati ime izdelka, opis izdelka in opis geografskega območja, zagotavljanje porekla, opis proizvodnih postopkov, utemeljitev povezave med izdelkom in geografskim območjem, izvajalca nadzora ter označevanje. Elaborat gre najprej v presojo na nacionalni ravni, presojo vodi ministrstvo, pristojno za kmetijstvo. Šele po končanem postopku na nacionalni ravni gre vloga v presojo na Evropsko komisijo. V primeru uspešne registracije pravico do označbe lahko pridobijo vsi proizvajalci znotraj območja, ki izpolnjujejo predpisane pogoje.

Nacionalne sheme kakovosti so predpisane z Zakonom o kmetijstvu (UL RS, 45/2008). Poleg omenjenih shem kakovosti, ki so priznane s strani EU, se v nacionalno shemo kakovosti uvršča označba »**višja kakovost**«, ki zajema kmetijske pridelke in živila, ki s svojimi lastnostmi med istovrstnimi prehranskimi pridelki in živila izstopajo z boljšo kakovostjo. Posebne lastnosti izdelka, ki so opredeljene z višjo kakovostjo, se določajo glede na sestavo, senzorične ali fizikalno-kemične lastnosti ter način pridelave oziroma predelave. Poleg omenjenih shem lahko upoštevajoč Zakon o kmetijstvu v shemo kakovosti uvrstimo še »**dobrote z naših kmetij**«, »**izbrano kakovost**«, »**neobvezne navedbe kakovosti**«, »**ekološko**« in »**integrirano predelavo**«. Kot »dobrote z naših kmetij« se lahko označijo kmetijski pridelki in živila, ki so pridelana ali predelana na kmetiji po receptih, značilnih za kmečke izdelke z uporabo pretežnega dela lastnih surovin ali surovin iz lokalnega okolja. Kot »ekološki« ali »integrirani« je izdelek lahko označen, če je zanj izdan certifikat, da izpolnjuje predpisane pogoje pridelave in predelave, in če je pridelovalec oz. predelovalec vpisan v evidence pridelovalcev in predelovalcev ekoloških in integriranih kmetijskih pridelkov ali živil.

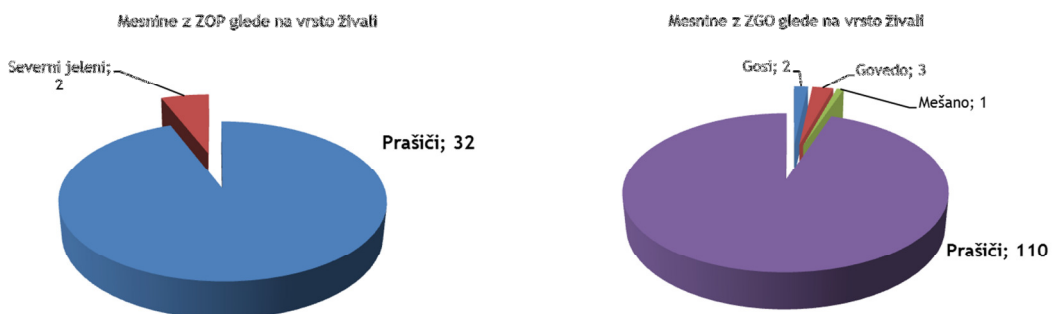
Poleg shem kakovosti, ki jih predvideva Zakon o kmetijstvu naj omenimo še možnost (ko govorimo o povezanih nosilcih) zaščite kolektivne blagovne znamke (po Zakonu o

industrijski lastnini; UL RS, 51/2006), ki se od geografskih in tradicionalnih poimenovanj razlikuje v tem, da ne predpisuje certificiranja.

3 Prašičje meso in izdelki z zaščiteno označbo

Zaščita poimenovanja je bolj pogosta v južnih deželah, skladno z njihovo tradicijo in prehranskimi navadami. Za meso prašičev velja, da je zaščiten predvsem v obliki izdelkov, manj pogosta je zaščita svežega mesa. Gre pretežno za suhomesnate izdelke, po številu izstopajo pršuti oziroma sušene šunke, ki niso dimljeni, zato je zanje značilna rožnata oz. rdečkasta barva. Predmet zaščite je lahko zelo majhna proizvodnja npr. nekaj tisoč portugalskih pršutov *Presunto de Barrancos*, do masovne proizvodnje parmskih pršutov (*Prosciutto di Parma*). Za vse pa velja, da morajo biti izdelani iz kakovostnega prašičjega mesa in da dosegajo višje cene kot običajni izdelki. Značilna je tudi vez z lokalno organizirano rejo, saj si proizvajalci le tako lahko zagotovijo (kontrolirajo) surovino z zeleno kakovostjo (Čandek-Potokar in Meglič, 2007). Reja španskih avtohtonih pasem pod skupnim imenom *iberico* predstavlja najboljši primer sodelovanja javnih ustanov, proizvajalcev in znanstvenikov. Kot posledica tega sodelovanja so tovrstni izdelki dobro poznani po celi Evropi in svetu (Pugliese in Sirtori, 2012).

Večina mesnih izdelkov z zaščitenim poimenovanjem je narejenih iz prašičjega mesa. Trenutno (na dan 26.5.2015) je med 34 izdelki z ZOP 32 izdelkov narejenih iz prašičjega mesa (slika 1), pri izdelkih z ZGO je med 116 izdelki takih 110 (slika 1). Proizvodnja teh izdelkov je omejena predvsem na območje Sredozemlja, največ izdelkov z ZOP imajo Italijani, ki imajo trenutno kar 21 izdelkov s tovrstno zaščito (slika 2, preglednica 1). Največ je pršutov, poleg najdemo še druge izdelke npr. salame, panceto, sušeno vratino. V Španiji je izdelkov s to označbo pet, na Portugalskem dva, v Franciji trije (slika 2, preglednica 1). Poleg mediteranskih držav ima izdelek s to zaščito le še Madžarska (preglednica 1). V Sloveniji izdelkov s to označbo nimamo. Tudi v kategoriji izdelkov z ZGO prednjačijo mediteranske države, so pa izdelke s to označbo registrirale tudi države iz drugih delov Evrope (slika 3, preglednica 2). V Sloveniji je proizvajalcem uspelo pridobiti ZGO za osem mesnin, vse so narejene iz prašičjega mesa: Prleška tunka, Zgornjesavinjski želodec, Šebreljski želodec, Kraški pršut, Kraški zašink, Kraška panceta, Prekmurska šunka in Kranjska klobasa.

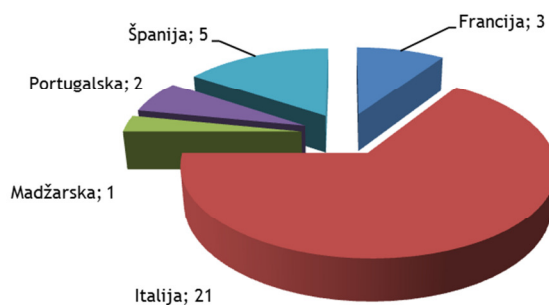


Slika1: Mesnine z zaščiteno označbo porekla (ZOP) in zaščiteno geografsko označbo (ZGO) glede na vrsto živali (na dan 26.5.2015)

Preglednica 1: Prašičje meso in izdelki z zaščiteno označbo porekla (ZOP) po državah*

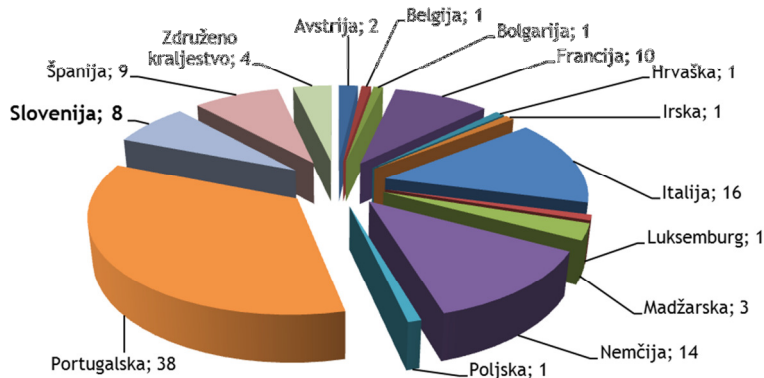
Država	Izdelek
Sveže meso (in drobovina)	
Italija	<i>Cinta Senese</i> (15.3.2012)
Portugalska	<i>Carne de Bísaro Transmontano</i> (15.12.2007), <i>Carne de Porco Alentejano</i> (5.4.2003)
Mesni proizvodi (kuhani soljeni, dimljeni ipd.)	
Francija	<i>Coppa de Corse</i> (29.5.2014), <i>Jambon sec de Corse</i> (29.5.2014), <i>Lonzo de Corse</i> (29.5.2014)
Italija	<i>Crudo di Cuneo</i> (17.12.2009), <i>Prosciutto di Parma</i> (5.2.2008), <i>Soprèssa Vicentina</i> (19.3.2003), <i>Salamini italiani alla cacciatora</i> (8.9.2001), <i>Pancetta di Calabria</i> (21.1.1998), <i>Salsiccia di Calabria</i> (21.1.1998), <i>Soppressata di Calabria</i> (21.1.1998), <i>Capocollo di Calabria</i> (21.1.1998), <i>Culatello di Zibello</i> (2.7.1996), <i>Valle d'Aosta Lard d'Arnad</i> (2.7.1996), <i>Prosciutto Toscano</i> (2.7.1996), <i>Valle d'Aosta Jambon de Bosses</i> (2.7.1996), <i>Prosciutto di Carpegna</i> (2.7.1996), <i>Pancetta Piacentina</i> (2.7.1996), <i>Coppa Piacentina</i> (2.7.1996), <i>Salame Piacentino</i> (2.7.1996), <i>Prosciutto di San Daniele</i> (21.6.1996), <i>Prosciutto di Modena</i> (21.6.1996), <i>Prosciutto Veneto Berico-Euganeo</i> (21.6.1996), <i>Salame di Varzi</i> (21.6.1996), <i>Salame Brianza</i> (21.6.1996)
Madžarska	<i>Szegedi szalámi/ Szegedi téliszalámi</i> (15.12.2007)
Portugalska	<i>Presunto do Alentejo/Paleta do Alentejo</i> (26.9.2008), <i>Presunto de Barrancos</i> (21.6.1996)
Španija	<i>Los Pedroches</i> (3.9.2010), <i>Jamón de Huelva</i> (27.1.1998), <i>Dehesa de Extremadura</i> (21.6.1996), <i>Guijuelo</i> (21.6.1996), <i>Jamón de Teruel/Paleta de Teruel</i> (21.6.1996)

*Status na dan 26.5.2015

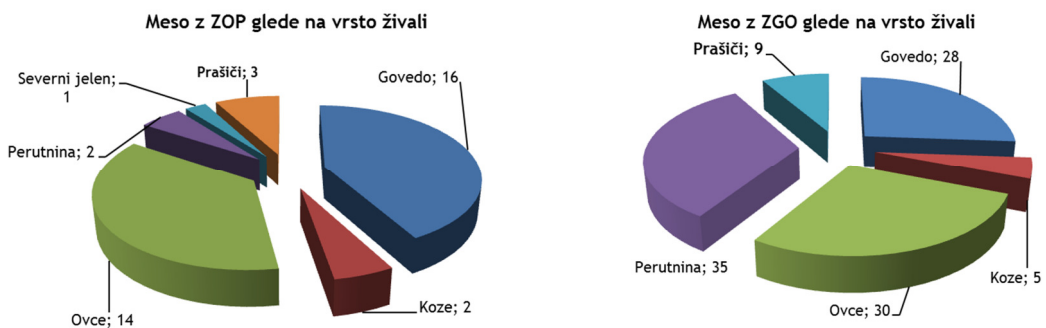


Slika 2: Mesnine iz prašičjega mesa z zaščiteno označbo porekla (ZOP) po državah (na dan 26.5.2015)

V kategoriji svežega mesa z zaščitenim poimenovanjem predstavlja prašičje meso manjši delež. Prednjačijo druge vrste mesa, predvsem govedina, jagnjetina in kozličje meso, tudi perutnina (slika 4). V kategoriji svežega mesa z ZOP so med 38 vrstami trije primeri prašičjega mesa; meso italijanske pasme *cinta senese* in dva primera s Portugalske - meso pasem *alentejana* in *bisaro* (preglednica 1), med svežim mesom z ZGO je med 107 primeri devet predstavnikov prašičjega mesa (slika 4, preglednica 2).



Slika 3: Mesnine z zaščiteno geografsko označbo (ZGO) po državah (na dan 26.5.2015)



Slika 4: Meso z z zaščiteno označbo porekla (ZOP) in zaščiteno geografsko označbo (ZGO) glede na vrsto živali (na dan 26.5.2015)

Preglednica 2: Prašičje meso in izdelki z zaščiteni geografsko označbo po državah*

Država	Izdelek
Sveže meso (in drobovina)	
Francija	<i>Porc du Sud-Ouest</i> (9.5.2013), <i>Porc d'Auvergne</i> (3.8.2011), <i>Porc de Franche-Comté</i> (30.1.2010), <i>Porc de la Sarthe</i> (25.11.1997), <i>Porc du Limousin</i> (25.11.1997), <i>Porc de Vendée</i> (25.11.1997), <i>Porc de Normandie</i> (25.11.1997)
Luksemburg	<i>Viande de porc, marque nationale grand-duché de Luxembourg</i> (21.6.1996)
Nemčija	<i>Schwäbisch-Hällisches Qualitätsschweinefleisch</i> (21.3.1998)
Mesni proizvodi (kuhani soljeni, dimljeni ipd.)	
Avstrija	<i>Gailtaler Speck</i> (11.7.2002), <i>Tiroler Speck</i> (13.6.1997)
Bolgarija	<i>Gornooryahovski sudzhuk</i> (22.12.2011)
Francija	<i>Jambon de Vendée</i> (8.10.2014), <i>Pâté de Campagne Breton</i> (22.11.2013), <i>Rillettes de Tours</i> (15.11.2013), <i>Saucisse de Montbéliard</i> (21.6.2013), <i>Saucisson de l'Ardèche</i> (23.7.2011), <i>Jambon de l'Ardèche</i> (13.11.2010), <i>Saucisse de Morteau/Jésus de Morteau</i> (21.8.2010), <i>Boudin blanc de Rethel</i> (26.2.2002), <i>Jambon sec et noix de jambon sec des Ardennes</i> (18.10.2001), <i>Jambon de Bayonne</i> (7.10.1998)
Hrvaška	<i>Krčki pršut</i> (14.4.2015)
Irska	<i>Timoleague Brown Pudding</i> (7.11.2000)
Italija	<i>Finocchiona</i> (23.4.2015), <i>Salama da sugo</i> (4.11.2014), <i>Salame Felino</i> (6.3.2013), <i>Coppa di Parma</i> (8.11.2011), <i>Prosciutto Amatriciano</i> (27.7.2011), <i>Porchetta di Ariccia</i> (16.06.2011), <i>Prosciutto di Sauris</i> (20.4.2010), <i>Ciauscolo</i> (11.8.2009), <i>Salame S. Angelo</i> (26.9.2008), <i>Salame Cremona</i> (23.11.2007), <i>Lardo di Colonnata</i> (27.10.2004), <i>Cotechino Modena</i> (19.3.1999), <i>Zampone Modena</i> (19.3.1999), <i>Mortadella Bologna</i> (18.7.1998), <i>Speck Alto Adige</i> (13.6.1997), <i>Prosciutto di Norcia</i> (13.6/1997)
Luksemburg	<i>Salaisons fumées, marque nationale grand-duché de Luxembourg</i> (23.11.1996)
Madžarska	<i>Csabai kolbász</i> (19.6.2010), <i>Gyulai kolbász</i> (19.6.2010), <i>Budapesti téliszalámi</i> (21.4.2009)
Nemčija	<i>Westfälischer Knochenschinken</i> (5.11.2013), <i>Eichsfelder Feldgieker</i> (17.5.2013), <i>Holsteiner Katenschinken</i> (31.01.2012), <i>Göttinger Stracke</i> (27.7.2011), <i>Göttinger Feldkieker</i> (27.7.2011), <i>Halberstädter Würstchen</i> (9.10.2010), <i>Thüringer Leberwurst</i> (18.12.2003), <i>Thüringer Rostbratwurst</i> (18.12.2003), <i>Thüringer Rotwurst</i> (18.12.2003), <i>Nürnberger Bratwürste</i> (16.7.2003), <i>Greußener Salami</i> (9.4.1998), <i>Schwarzwälder Schinken</i> (24.1.1997), <i>Ammerländer Schinken</i> (24.1.1997), <i>Ammerländer Dielenrauchschenken</i> (24.1.1997)

*Status na dan 26.5.2015

Preglednica 2: Prašičje meso in izdelki z zaščiteno geografsko označbo po državah (nadaljevanje)*

Država	Izdelek
Mesni proizvodi (kuhani soljeni, dimljeni ipd.)	
Poljska	<i>Kielbasa lisecka</i> (13.10.2010)
Portugalska	<i>Chouriça de Carne de Melgaço</i> (16.4.2015), <i>Presunto de Melgaço</i> (16.4.2015), <i>Chouriça de sangue de Melgaço</i> (15.4.2015), <i>Presunto/Paleta de Camp Maior e Elvas</i> (26.9.2008), <i>Presunto/Paleta de Santana da Serra</i> (26.9.2008), <i>Chouriço Azedo de Vinhais</i> (26.9.2008), <i>Butelo de Vinhais</i> (26.7.2008), <i>Chouriça Doce de Vinhais</i> (26.7.2008), <i>Presunto de Vinhais</i> (17.7.2008), <i>Alheira de Vinhais</i> (17.7.2008), <i>Linguiça do Baixo Alentejo</i> (16.2.2007), <i>Paio de Beja</i> (16.2.2007), <i>Sangueira de Barroso-Montalegre</i> (16.2.2007), <i>Alheira de Barroso-Montalegre</i> (16.2.2007), <i>Salpicão de Barroso-Montalegre</i> (16.2.2007), <i>Chouriça de Carne de Barroso-Montalegre</i> (16.2.2007), <i>Chouriço de Abóbora de Barroso-Montalegre</i> (16.2.2007), <i>Farinheira de Estremoz e Borba</i> (21.8.2004), <i>Paia de Toucinho de Estremoz e Borba</i> (9.7.2004), <i>Chouriço de Carne de Estremoz e Borba</i> (9.7.2004), <i>Paia de Lombo de Estremoz e Borba</i> (9.7.2004), <i>Morcela de Estremoz e Borba</i> (9.7.2004), <i>Chouriço grosso de Estremoz e Borba</i> (9.7.2004), <i>Paia de Estremoz e Borba</i> (9.7.2004), <i>Salpicão de Vinhais</i> (19.6.1998), <i>Chouriça de Carne de Vinhais/Linguiça de Vinhais</i> (19.6.1998), <i>Cacholeira Branca de Portalegre</i> (27.9.1997), <i>Painho de Portalegre</i> (27.9.1997), <i>Lombo Enguitado de Portalegre</i> (27.9.1997), <i>Lombo Branco de Portalegre</i> (27.9.1997), <i>Linguiça de Portalegre</i> (27.9.1997), <i>Morcela de Cozer de Portalegre</i> (27.9.1997), <i>Farinheira de Portalegre</i> (27.9.1997), <i>Chouriço de Portalegre</i> (27.9.1997), <i>Chouriço Mouro de Portalegre</i> (27.9.1997), <i>Morcela de Assar de Portalegre</i> (27.9.1997), <i>Presunto de Barroso</i> (13.11.1996)
Slovenija	<i>Kranjska klobasa</i> (07.01.2015), <i>Prekmurska šunka</i> (26.04.2014), <i>Kraška panceta</i> (8.11.2012), <i>Kraški zašink</i> (25.07.2012), <i>Kraški pršut</i> (15.06.2012), <i>Šebreljski želodec</i> (15.11.2011), <i>Zgornjesavinjski želodec</i> (15.11.2011), <i>Prleška tünka</i> (8.10.2010)
Španija	<i>Jamón de Serón</i> (14.8.2014), <i>Chorizo de Cantimpalos</i> (1.6.2011), <i>Chosco de Tineo</i> (19.2.2011), <i>Chorizo Riojano</i> (25.3.2010), <i>Jamón de Trevélez</i> (15.11.2005), <i>Salchichón de Vic/Llonganissa de Vic</i> (29.12.2001), <i>Botillo del Bierzo</i> (10.10.2001), <i>Lacón Gallego</i> (8.5.2001), <i>Sobrassada de Mallorca</i> (21.6.1996)
Združeno kraljestvo	<i>Stornoway Black Pudding</i> (9.5.2013), <i>Newmarket Sausage</i> (15.11.2012), <i>Traditional Cumberland Sausage</i> (22.3.2011), <i>Melton Mowbray Pork Pie</i> (30.6.2009)

*Status na dan 26.5.2015

4 Tehnologija reje prašičev kot podlaga za zaščiteno označbo

Glavni dejavniki, ki vplivajo na prirejo mesa, ki ga lahko vrednotimo kot meso z višjo kakovostjo, so genotip, način reje, prehrana in starost oz. teža ob zakolu. Med različnimi sistemi reje najdemo take, ki temeljijo na lokalnih pasmah, kot tudi sisteme, v katerih redijo konvencionalne pasme prašičev, je pa res, da večji delež zaščitene izdelkov, sploh tistih z ZOP, izhaja iz tradicionalnega načina reje in lokalnih pasem. Uporaba lokalnih pasem in/ali tradicionalnega načina reje npr. paša v silvo-pastoralnih sistemih (»dehesa«) v Španiji in na Portugalskem je značilna predvsem za proizvodnjo izdelkov z zaščiteno poimenovanjem na območju Sredozemlja (Čandek-Potokar in Meglič, 2007).

Prašiči lokalnih pasem so sicer manj produktivni, saj imajo manjšo plodnost, dosegaajo slabše priraste, so bolj zamaščeni, a je kakovost njihovega mesa izjemno cenjena in se uporablja za izdelavo sušenih mesnin z visoko dodano vrednostjo. Sistemi, ki temeljijo na ekstenzivnih pogojih reje, temeljijo na zauživanju velikih količin s škrobom bogate krme (želod in kostanj), ki je na voljo v okolju, kjer se prašiči pasejo v končnem obdobju pitanja. Kakovost mesa teh prašičev je posledica specifičnih sestavin krme in nadomestne (kompenzacijske) rasti, ki še poudari zamaščenost (Lebret, 2008). Kompenzacijska rast ima po raziskavah vpliv tudi na kakovost beljakovin in na endogene proteolitične encime, zato se izboljša tudi mehkoča mesa (Kristensen in sod., 2004). Lokalne pasme prašičev se lahko uporabljajo tudi za križanja s konvencionalnimi, s tem se izboljša ekonomika reje, v primerjavi z lokalnimi pasmami se izboljša kakovost klavnih trupov in izplen mesa. Jedilna kakovost se uvršča nekje vmes, vendar ohranja prednosti pred kakovostjo mesa konvencionalnih pasem (Carrapiso, 2003; Ventanas in sod., 2008). V primeru običajnih pasem prašičev pri zaščiti izpostavljajo genotip živali in/ali način reje (ekstenziven, večja starost in teža, posebna prehrana, reja na prostem). Prevladujejo prašiči pasem landras, veliki beli in durok. Za prašiče pasme durok je značilna večja količina intramuskularne maščobe, ki po navadi vodi v boljšo jedilno kakovost, saj se izboljša mehkoča, sočnost in okus (Bonneau in Lebret, 2010). Poleg tega ima maščoba pršutov, ki izvirajo iz prašičev, za katere je značilna večja vsebnost intramuskularne maščobe, bolj intenziven okus, saj so trigliceridi nosilci za aromatične spojine (Pugliese in Sirtori, 2012). Uporaba prašičev pasme durok in njihovih križancev je iz navedenih razlogov zelo razširjena (Bonneau in Lebret, 2010). Po drugi strani prašiči pasme durok niso zelo zaželeni za izdelavo izdelkov, kjer intra in intermuskularna maščoba nista zaželeni (čeprav dovoljeni) npr. pri italijanskem tipu pršutov (*Prosciutto di Parma*, *Prosciutto di San Daniele*).

4.1 Primeri sistemov reje kot podlaga za zaščiteno označbo porekla

Pri izdelkih z zaščiteno označbo porekla se glede na pasmo in tehnologijo reje uporabljajo različni pristopi. Za Iberski polotok so značilni sistemi reje, kjer redijo lokalne pasme prašičev v tradicionalnih pogojih reje. V Španiji se uporabljajo prašiči pasme *iberico*, do določene mere (25 %), je dovoljeno križanje z durokom, na Portugalskem pa prašiči pasme *alentejana*. Za izdelke, med katerimi prevladujejo predvsem pršuti, je značilna rožnata do rdečkasta barva in večja vsebnost intramuskularne maščobe, izdelki so nežnega okusa, sladkasti, rahlo slani z značilno aromo. Pršuti iz iberskih prašičev so glede na način krmljenja razvrščeni v tri kategorije (*Bellota*, *Recebo* in *Cebo*). Pri najbolj cenjenih pršutih *Bellota* se prašiči v zadnji fazi pitanja pasejo v hrastovih nasadih brez dodatka druge krme, pri *Recebo* se lahko dodaja krmo na osnovi žit in stročnic, medtem ko so pršuti z oznako *Cebo* narejeni iz iberskih prašičev, ki so krmljeni predvsem z žiti. Primeri takih izdelkov so npr. pršuti *Los Pedroches* z ZOP, ki so glede na režim krmljenja prašičev v zadnji fazi pitanja razvrščeni v tri kategorije (*Bellota*, *Recebo* in *Cebo de campo*). Pri pršutih *Bellota* je zaradi zagotavljanja zadostnih količin krme predpisana omejitev reje prašičev, ki ne sme presegati enega iberskega prašiča na hektar oziroma je obremenitev odvisna tudi od razpoložljivega želoda. Pri *Recebo* je dovoljeno dodajati dopolnilno krmo, ki jo odobri nadzorni organ, obtežba pri tej kategoriji je največ dva prašiča na hektar. Pri izdelkih *Cebo de campo* so pogoji še nekoliko manj zaostreni, zahteve glede krme so identične kot pri izdelkih *Recebo*, s tem, da se lahko na hektarju pase do 12 prašičev. Izdelki s poimenovanjem *Jamón de Huelva* (v kratkem bo preimenovan v *Jabugo*) so izdelani iz

mesa prašičev, ki se pasejo na želodu, travi in strniščih po spravilu žit na področju Adaluzije in Extremadure. Predelava poteka v zgornji tretjini province Huelva, za katero so značilne nizke temperature in vetrovni pogoji, pri nadmorski višini nad 800 m. Za izdelke (pršute in sušene plečke) z oznako *Dehesa de Extremadura* veljajo podobni pogoji, predelava je omejena na provinci Cáceres in Badajoz, pri pršutih in sušenih plečkah z oznako *Guijuelo* pa je predelava omejena na severnovzhodni del province Salamanca.

Portugalski pršuti in sušene plečke z oznako *Presunto oz. Paleta do Alentejo* so izdelani iz stegen in plečk prašičev pasme *alentejana*, ki jih redijo v delno ekstenzivnih pogojih. Prašiče vzrejajo na področjih, kjer mora biti na hektar posajenih vsaj 40 hrastovih dreves, kar zadošča za krmo enemu prašiču. Poleg želoda živali krmijo še s stranskimi proizvodi mlevske industrije, travo in stročnicami. Ker so prašiči vsejede živali, lahko zaužijejo tudi manjše sesalce, ptiče, jajca in podobno. Končna faza pitanja (60 do 90 dni) poteka na področju montanere, kjer se hranijo predvsem z želodom. V tem času morajo pridobiti vsaj 45 kg žive teže. Ob zakolu so živali stare med 12 in 24 mesecev, klavni trupi pa morajo biti težji od 90 kg. Manjši delež pršutov narejenih iz stegen prašičev pasme *alentejana* je predelan izključno na območju mesta Barrancos. Tudi tu prašiče v zadnji fazi pitanja redijo na paši in želodu brez dodatka druge krme. Predelava poteka na omejenem območju v naravnih klimatskih pogojih, kjer nastaja posebno cenjen *Presunto de Barrancos* s posebnimi karakteristikami. Zaradi visokih temperatur v pomladanskem času se namreč začnejo pršuti postopoma potiti, oleinska kislina prepoji mišična vlakna in ohranja po celotni dolžini kosa posebno aromo in teksturne značilnosti. Tudi Francozi imajo zaščiten pršut *Jambon sec de Corse*, za izdelavo katerega so značilni podobni pogoji kot pri pršutih z Iberskega polotoka. Narejen je iz stegen prašičev pasme *nustrale*, ki so ob zakolu stari od 12 do 36 mesecev in katerih klavni trupi tehtajo med 85 in 140 kg. Prašiče od odstavitve dalje redijo v prosti reji na območju Korzike, končno pitanje s kostanjem in/ali želodom pa daje surovini posebno kakovost. Živali si v prosti reji krmo deloma poiščejo same (zeli, korenine, gomolje itd.), dopolnilno krmo, ki mora vsebovati najmanj 60 % žit, pa zagotovijo rejci, in sicer največ dva kilograma na prašiča na dan. Krmljenje koruze je dovoljeno do petinštirideset dni pred začetkom končnega pitanja, ki poteka med oktobrom in marcem ter traja vsaj 45 dni. V prvih 30 dneh končne faze reje, se živali hranijo izključno z želodom in kostanjem, potem je dovoljeno dodajanje ječmena (do 4 kg na dan; količina ne sme presegati 30 % krme v obliki kostanja in/ali želoda). Iz mesa teh prašičev sta zaščiteni tudi sušen vrat in ledja *Coppa de Corse oz. Lonzo de Corse*.

ZOP imajo tudi izdelki iz modernih pasem prašičev, ki so sicer cenejši, vendar imajo po navadi veliko večje tržne deleže kot izdelki iz lokalnih pasem. Morda velja omeniti, da se na tem področju implementacija EU zakonodaje zaostrojuje pri pridobivanju ZOP iz modernih pasem prašičev in intenzivnih sistemov reje. Posebno mesto med temi izdelki imajo italijanski, predvsem parmski pršuti, pri katerih se zahteva, da so narejeni iz stegen prašičev spitanih do žive teže 160 kilogramov. Tu gre za izjemno uspešen tržni primer, saj je prodaja izdelkov presegla lokalne okvire in so prisotni na svetovnem trgu (Čandek-Potokar in Meglič, 2007). Pri reji prašičev modernih pasem za predelavo v izdelke z zaščitenim imenom je predpisan genotip živali in/ali način reje. Za proizvodnjo parmskega pršuta se npr. uporabljajo moderne pasme prašičev veliki beli in landras, za križanje se lahko uporabljajo prašiči pasme durok. Uporaba čistopasemskih živali pasem

belgijski landras, durok, hemšir, pietren in spotted poland je prepovedana. Vse faze reje in predelave, vključno z zakolom, morajo potekati na predpisanem območju. Predelava je omejena na področje province Parma, medtem ko reja prašičev poteka na širšem področju. Za izdelavo izdelkov z ZOP se lahko uporabi le meso kastratov in svinjk, ki morajo biti ob zakolu stari vsaj devet mesecev in tehtati vsaj 160 kg. Krmljenje prašičev je natančno opredeljeno. V obdobju pitanja do 80 kg npr. delež žit v obroku ne sme biti manjši od 45 %, v obdobju pitanja nad 80 kg pa 55%. Za pitanje se lahko uporablja tudi sirotka, količine so predpisane oz. omejene (največ 6 l/dan pri pitanju do 80 kg, po tem obdobju dnevno največ 15 l na prašiča). Uporaba tekoče oz. kašnate krme je priporočljiva. Strogo predpisani so tudi pogoji reje, da zadostijo pogojem za dobro počutje živali. Za izdelavo pršutov z ZOP se lahko uporabijo le stegna, ki zadostijo predpisanim pogojem glede teže (najmanj 10 kg, večina stegen tehta med 12 in 14 kg), debeline in konsistence maščobe (vsaj 10 mm merjeno nad stegenico, jedno število < 70, delež linolne kisline v maščobnem tkivu < 15 %) in so brez vidnih poškodb. Po podobnem principu so zrejeni tudi prašiči za izdelavo pršutov *Prosciutto di San Daniele*, *Prosciutto di Modena*, *Prosciutto Toscano*, *Prosciutto di Carpegna*, *Crudo di Cuneo*, *Valle d'Aosta Jambon de Bosses*, *Prosciutto Veneto Berico-Euganeo*. Poleg pršutov so Italijani uspeli zaščititi tudi celo paleto drugih izdelkov npr. salame, pancete, sušen vrat in slanino.

Moderne pasme prašičev, iz katerih mesa so narejeni izdelki z ZOP pa niso v uporabi le v Italiji, primer sta španski pršut in sušena plečka *Jamón de Teruel* oz. *Paleta de Teruel*. Prašiči morajo biti potomci samic pasem landras, veliki beli ali križank teh dveh pasem, ter samcev pasme durok. Pasma samcev je omejena za dosego večje homogenosti proizvodov. Teža živega prašiča pred zakolom se giblje med 115 in 130 kg. Prašiči so pitani s krmo, sestavljeno zlasti iz žit (ječmen, oves in kuzuza), pridelanih na območju province Teruel.

Kot predstavnika kategorije svežega mesa z ZOP opisujemo primer reje prašičev italijanske lokalne pasme *cinta senese*. Meso *Cinta Senese* je bilo že v preteklosti cenjeno zaradi svojih značilnosti in je veljalo za predstavnika tradicionalne toskanske prehrane. Tudi danes je to meso izjemno priljubljeno in v prodaji dosega višje cene od drugega mesa. Proizvodno območje obsega celotno ozemlje Toskane do nadmorske višine 1200 metrov, živali pa se v celoti ali delno vzrejujejo na prostem, kjer se hranijo s pašo v gozdu in/ali na poljih, kjer so posajene poljščine ali žita. Prašiče se lahko tudi dokrmljuje, še sploh v primeru da vremenske razmere ali njihove posledice (suša, dolga deževna obdobja ali dolgotrajna snežna odeja) ne omogočajo polnega izkoriščanja pašnika ali paše v gozdu. So pa tako količina kot sestava in izvor krme natančno opredeljeni. Živali morajo biti ob zakolu stare najmanj 12 mesecev, meso pa mora za pridobitev oznake dosegati predpisane fizikalno-kemijske značilnosti (vsebnost vode, vsebnost maščob v dolgi hrbtni mišici, pH), poleg tega mora imeti določeni videz in organoleptične značilnosti (živo roza oz. rdečo barvo, fino teksturo, čvrsto, rahlo prepredeno z maščobnimi trakovi, meso mora biti mehko, sočno, z aromo po svežem mesu). Za zagotavljanje sledljivosti in identifikacije se spremljajo vse stopnje proizvodnega postopka (od začetka do konca proizvodne verige), vsi kosi namenjeni končnemu potrošniku pa morajo biti označeni v skladu s predpisi.

4.2 Primeri sistemov reje kot podlaga za zaščiteni geografski označbo

Pri izdelkih z ZGO je povezava med geografskim območjem in končnim proizvodom manj tesna kot pri ZOP, vendar mora surovina prav tako ustrezati predpisanim pogojem za predelavo v zaščiteni izdelke. Pri izdelkih s to označbo je pomembno predvsem območje predelave, natančno so opredeljene vse faze predelave. Pri nekaterih izdelkih je podobno kot pri izdelkih z ZOP predpisana pasma prašičev in območje reje, spet pri drugih izvor ni pomemben. Primer izdelkov z ZGO, kjer se uporablja lokalne pasme prašičev, so nekatere portugalske mesnine npr. *Presunto de Vinhais*, ki je narejen iz stegen prašičev pasme *bísaro*, *Presunto de Melgaço*, za izdelavo katerega se prav tako uporabljajo stegna prašičev te pasme, s tem da so dovoljeni tudi križanci z ostalimi pasmami, *Lombo branco de Portalegre*, mesnina narejena iz kareja, pri kateri se uporabljajo prašiči pasme *alentejana*. Ta pasma se uporablja tudi za izdelavo pršutov in sušenih plečk *Presunto/Paleta de Campo Maior e Elvas e Elva* in *Presunto/Paleta de Santana Serra*. Pri italijanskih pršutih se uporablja meso pasem, ki se sicer uporabljajo za izdelavo pršutov z ZOP, vendar območje s katerega prašiči izvirajo, ni pomembno (npr. za *Prosciutto di Norcia*). Podoben primer predstavljajo španski izdelki, kjer se uporabljajo običajne pasme npr. *Jamón de Serón* (izdelan iz mesa prašičev durok, veliki beli, landras, *blanco belga*, pietren in *chato murciano* ali njihovih križancev), *Jamón de Trevélez*, za izdelavo katerega se uporabljajo svinjska stegna križancev pasem landras, veliki beli in durok. Pri nekaterih izdelkih pasma prašičev sploh ni predpisana, mora pa surovina izvirati iz območja EU (kraški pršut, *Jambon de Vendée*, *Jambon de l'Ardèche*, *Holsteiner Katenschinken*, *Westfälischer knochenschinken*).

Kot zanimivost omenjamo nekaj specifičnih izdelkov, ki se v procesu izdelave bistveno razlikujejo od ostalih npr. irske krvavice *Timoleague black pudding* z ZGO. Tu gre za kuhan izdelek narejen iz obreznin in v prašičjo kri namočenih ovsenih kosmičev z dodatkom čebule in začimb, polnjenih v naravno črevo. Lokacija reje prašičev je omejena na radij šestih milj okrog vasi Timoleague, prav tako je predpisana uporaba ovsenih kosmičev s točno določene lokacije. Klobasa *Göttinger Stracke* je izdelana predvsem iz suhe in bolj čvrste svinjine starejših živali, pri čemer delež mesa svinj, ki so že prasile, ne sme biti manjši od 40 %. Specifika pri izdelavi *Schwarzwälder Schinken* je uporaba jelševega lesa pri dimljenju, kar daje šunki poseben okus. Francoska klobasa *Saucisse de Montbéliard*, pri kateri se za izdelavo uporablja meso stresno neobčutljivih prašičev, je dober primer reje prašičev kot dopolnilne dejavnosti. Te klobase namreč izvirajo iz pretežno govedorejskega območja, kjer prevladuje proizvodnja mleka, prašiči za izdelavo *Saucisse de Montbéliard* pa morajo biti krmljeni s sirotko, ki ostane pri izdelavi sira.

Meso z ZGO *Schwäbisch-Hällisches Qualitätsschweinefleisch* predstavlja ekonomsko uspešen primer reje lokalne pasme prašičev. Prašiči pasme *Schwäbisch-Hällisches Landschwein* veljajo za stresno neobčutljive, vitalne in nezahtevne, meso pa se po kakovosti razlikuje od ostalega po barvi, okusu, kakovosti mišičnih vlaken in slanine ter po marmoriranosti. Rejci teh prašičev morajo biti za pridobitev označbe vključeni v zvezo *Bäuerliche Erzeugergemeinschaft Schwäbisch Hall*, prašiči pa po načelih dobre prakse zaklani v njihovi klavnici. Reja poteka na globokem nastilju, če je le mogoče morajo imeti prašiči dostop do paše, obvezna je skupinska reja. Za prehrano se uporablja lokalno pridelana krma, ki ne sme vsebovati gensko spremenjenih organizmov. Priporočljivo je, da se kar največji delež krme pridelata na kmetiji. Ta primer lahko

predstavlja zgled, kako je z dobro organizacijo in profesionalnim marketinškim pristopom reja lokalne pasme lahko ne le samovzdržna, ampak celo ekonomsko donosna. Meso namreč na trgu dosega višje cene, s čimer so pokriti tudi povečani stroški, ki jih imajo rejci zaradi strožjih zahtev glede pogojev reje in kakovosti mesa.

5 Zaključek

Temelj za uvrstitev izdelka v sheme kakovosti predstavlja interes za njegovo pridobitev. Stroka pri tem lahko pomaga, država take projekte lahko spodbuja, je pa njihova uspešnost na koncu odvisna le od dinamičnosti in zavzetosti ljudi, ki projekt vodijo. Primeri predstavljenih izdelkov z zaščitnimi označbami iz tujine nam lahko služijo kot primer in spodbuda, kako poiskati in izkoristiti lastne prednosti in posebnosti. Pri tem ne smemo pozabiti, da morajo izdelki, za katere nameravamo pridobiti zaščiteno označbo, za uveljavitev na trgu in doseganje pričakovanih (višjih cen) s svojo kakovostjo presežati kakovost drugih izdelkov, ki jo potrošniki prepoznajo in so jo zato tudi pripravljene nagraditi.

Viri

- Bonneau M, Lebret B, 2010. Production systems and influence on eating quality of pork. *Meat Sci.* 84: 293-300.
- Carrapiso AI, Bonilla F, Garcia C, 2003. Effect of crossbreeding and rearing system on sensory characteristics of Iberian ham. *Meat Sci.* 65: 623-629.
- Čandek-Potokar M, Meglič V, 2007. Geografsko zaščiteni izdelki iz prašičjega mesa v EU. *Kmečki glas, priloga: Prašičereja* 64: 4-6.
- Kristensen L, Therkildsen M, Aaslyng MD, Oksbjerg N, Ertbjerg P, 2004. Compensatory growth improves meat tenderness in gilts but not in barrows. *J. Anim. Sci.* 82: 3617-3624.
- Lebret B, Juin H, Noblet J, Bonneau M, 2001. The effects of two methods of increasing age at slaughter on carcass and muscle traits and meat sensory quality in pigs. *Anim. Sci.* 72: 87-94.
- Lebret B, 2008. Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. *Animal* 2: 1548-1558.
- Pravilnik o shemah kakovosti kmetijskih pridelkov in živil (2015). Uradni list RS, št. 23, str. 2464-2470.
- Pugliese C, Sirtori F, 2012. Quality of meat and meat products from southern European pig breeds. *Meat Sci.* 90: 511-518.
- Ventanas S, Ruiz J, Garcia C, Ventanas J, 2007. Preference and juiciness of Iberian dry-cured loin as affected by intramuscular fat content, crossbreeding and rearing system. *Meat Sci.* 77: 324-330.
- Uredba EU 1151/2012 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. novembra 2012 o shemah kakovosti kmetijskih proizvodov in živil.
- Zakon o industrijski lastnini (uradno prečiščeno besedilo; 2006). Uradni list RS, št. 51, str. 5550-5573.
- Zakon o kmetijstvu (2002). Uradni list RS, št. 45, str. 4965-4993.
- Zakon o spremembah in dopolnitvah zakona o kmetijstvu (ZKme-1B, 2014). Uradni list RS, št. 26 str. 3071-3087.

Poglavje 11

Tehnologije reje z vidika porabe energije in izpustov

Viktor Jejčič¹

1 Uvod

Kmetijstvo samo prispeva znaten delež emisij toplogrednih plinov, zato bo v prihodnosti soočeno tudi s precejšnjimi zahtevami za zmanjševanje njihovih emisij. Za kmetijstvo prihodnosti bo največji izziv ustvariti pravilno ravnotežje med zagotavljanjem zadostnih količin hrane in drugih surovin za prebivalstvo in emisijami toplogrednih plinov, ki nastajajo v življenjskem ciklu različnih kmetijskih produktov (od pridelave do predelave v končni pridukt ter njegovega konca). Najpomembnejši toplogredni plini so ogljikov dioksid, metan in dušikovi oksidi. Toplogredni plini se v kmetijstvu sproščajo v vseh fazah življenjskega cikla nekega produkta zaradi rabe energije za pogon kmetijskih strojev, uporabe mineralnih in organskih gnojil, predelavi v končne produkte, skladiščenju itn. Gospodarna in ekološko naravnana kmetijska pridelava, ki sedaj prihaja v ospredje, pa postavlja še dodatne zahteve, potrebno bo zmanjšati stroške dela in porabo energije. Z zmanjševanjem porabe enegije vplivamo tudi na zmanjševanje emisij toplogrednih plinov, ki nastanejo kot posledica uporabe različne kmetijske mehanizacije oziroma strojne opreme.

2 Poraba energije

Energija, ki se porabi v kmetijstvu (angl. kratica EU - *energy use*) je definirana kot neto energija porabljena za proizvodnjo kmetijskega pridelka dokler ni prodan in ne zapusti kmetije oziroma je uporabljen kot krma v živinoreji (Dalgaard in sod., 2001). Energija, ki je porabljena v kmetijstvu se lahko razčleni na direktno in indirektno energijo. Direktna energija (EU_{direktna}) predstavlja vnos energije v kmetijsko proizvodnjo, ki se lahko direktno pretvori v energetske enote (porabljeno mineralno dizelsko gorivo, maziva, energija utekočinejnega naftnega plina - UNP ali zemeljskega plina za gretje, električna energija za različne procese, predelavo končnega produkta itn.). Indirektna energija ($EU_{\text{indirektna}}$) je energija, ki je porabljena v proizvodnji različnih inputov (vnosov), ki so uporabljeni v proizvodnji kmetijskega pridelka ali končnega produkta, omenjeni vnosi pa ne morejo biti direktno pretvorjeni v energetske enote (stroji, gnojila, fitofarmacevtska sredstva, objekti na kmetiji itn.). Celotna energija (Dalgaard in sod., 2001) se lahko predstavi s pomočjo enačbe (1).

$$EU_{\text{celotna}} = EU_{\text{direktna}} + EU_{\text{indirektna}} \text{ (MJ)} \quad (1)$$

¹ Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana

* E: viktor.jejcic@kis.si (V. Jejčič)

Predstavljena enačba se lahko uporabi v primeru različnih kmetijskih pridelav. V našem primeru smo jo uporabili za analizo porabe energije v procesu reje prašičev.

Direktno energijo, ki je porabljena v procesu reje prašičev, se lahko dodatno razčleni na vse oblike energije porabljene v procesu reje prašičev (cikel reje):

$$EU_{direktna} = (EU_{električna} + EU_{dizel} + EU_{plin} + EU_{ostala}) \quad (2)$$

$EU_{električna}$ = električna energija porabljena v procesu reje

EU_{dizel} = energija iz mineralnega dizelskega goriva porabljenega v procesu reje

EU_{plin} = energija iz zemeljskega ali utekočinjenega naftnega plina porabljenega v procesu reje

EU_{ostala} = ostala energija (iz drugih virov ali alternativnih energetskih virov)

Indirektna energija ni posebej razčlenjena, ker v primeru naših izračunov ni upoštevana (težko jo je natančno definirati). V primeru, da prištejemo še indirektno energijo, je poraba energije v procesu reje živali višja, kar pomeni tudi višje emisije toplogrednih plinov oziroma CO₂ ekv., ter višji končni ogljični odtis končnega produkta.

3 Poraba energije pri vzdrževanju življenjskega okolja prašičev

Zaradi lažjega in bolj organiziranega dela ter večje produktivnosti se v reji prašičev uporablja različna mehanizacija. Določena strojna oprema je celo nujna, npr. zaradi velike gostote naselitve živali je potrebno učinkovito zračenje z ventilatorji.

Za vzdrževanje življenjskega okolja prašičev v objektih se uporabljajo različni sistemi:

- sistem za zračenje
- sistem za krmljenje
- sistem za odstranjevanje gnoja
- sistem za gretje
- sistem razsvetljave

Vsak od sistemov ima lahko več podsistemov oziroma se znotraj vsakega sistema uporablja različna strojna oprema ali stroji. Za njihovo delovanje je potrebna energija (v analizi je upoštevano opravljanje delovnih operacij, kjer se uporablja energija iz različnih virov, ročne delovne operacije niso upoštewane). V nekaterih sistemih se uporablja samo ena oblika energije npr. električna energija za razsvetljavo, v sistemu za gretje se lahko uporablja električna energija, energija fosilnih goriv ali alternativni viri energije (biomasa, solarna energija, geotermalna itn.). Transport krme v hlev in krmljenje sta lahko rešena na nekaj načinov (odvisno ali se živali krmi s suho ali vlažno krmo). Pri suhem krmljenju se uporablja krmljenje v korita iz krmilnih vozičkov in krmljenje s transportnimi sistemi, ki so povezani z dozatorji za krmila, ki se jih polni ročno ali avtomatsko. V primeru tekočega krmljenja se uporabljajo tudi dozatorji za krmila, ki se jih polni ročno ali avtomatsko. Za odstranjevanje gnoja v primeru reje na rešetkah se gnojevka pretaka po podzemnih kanalih pod hlevom v zbiralnik, ki je lahko podzemni ali nadzemni. Gnojevko je potrebno premešati, črpati in razvažati s cisternami za gnojevko na kmetijske površine. V primeru reje z nastilom se za odstranjevanje gnoja uporabljajo pehala in strgala. Poleg gnojišča je tudi gnojna jama, tako da se kot v

primeru gnojevke uporablja črpalke, mešala in cisterne za razvoz gnojevke. Za vzdrževanje higiene v hlevu se uporabljajo visokotlačne naprave za pranje.

Pri analizi reje prašičev za konvencionalno in ekološko pridelavo je upoštevano, da se uporablja električna energija, zemeljski ali utekočinjeni naftni plin in mineralno dizelsko gorivo. Električna energija je namenjena za pripravo in razdeljevanje hrane, gretje mladih živali, razsvetlavo, ventilacijo, črpanje in mešanje gnojevke, visokotlačno pranje itn. Za gretje se uporablja zemeljski ali utekočinjeni naftni plin. Mineralno dizelsko gorivo se uporablja pri transportu gnoja oziroma gnojevke (odvisno od načina reje) na kmetijske površine. Celotna poraba energije predstavlja seštevek električne energije (za mehanizirano krmljenje živali, prezračevanje, razsvetlavo in odstranjevanje gnoja) ter zemeljskega ali utekočinjenega naftnega plina (gretje živali). Dodatno se prišteje poraba energije iz mineralnega dizelskega goriva (odvoz gnoja). Poraba energije je določena za čredo nad 100 živali. Poraba energije v reji prašičev za meso znaša 100,8 MJ/žival pri konvencionalnem načinu reje živali, oziroma 80,28 MJ/žival pri ekološkem načinu reje. Za ekološko rejo je predpostavljeno, da poteka v hlevu (angl. *indoor*) ter da imajo hlevi izpuste za živali. V primeru ekološke reje se v celoti porabi nekoliko manj energije v samem procesu reje živali.

Preglednica 1: Poraba energije za vzdrževanje življenjskega prostora (direktna energija) v reji prašičev pri konvencionalnem in ekološkem načinu reje, določena na žival (MJ/žival)

Poraba energije za posamezne porabnike	Konvencionalni način reje (MJ/žival)	Ekološki način reje (MJ/žival)
Krmljenje - električna energija	15,12	15,12
Prezračevanje - električna energija	20,16	7,92
Odstranjevanje gnoja ali gnojevke in drugo - električna energija	7,92	6,12
Razsvetljava - električna energija	12,24	5,76
Gretje - utekočinjeni naftni plin	45,36	45,36
Celotna poraba energije	100,8	80,28

V primeru konvencionalne reje živali na energijo za gretje živali (utekočinjeni naftni plin - UNP) odpade 45 %. Električna energija se porabi za mehanizirano krmljenje živali (15 %), prezračevanje (20 %), razsvetlavo (12,1 %) in odstranjevanje gnoja ali gnojevke ter drugo (7,8 %). Največ energije se porabi za gretje živali in ventilacijo, skupno 65 % od celotne energije, ki se porabi za vzdrževanje življenjskega okolja.

V primeru ekološke reje živali na energijo za gretje živali (utekočinjeni naftni plin - UNP) odpade 56,5 %. Električna energija se porabi za mehanizirano krmljenje živali (18,8 %), prezračevanje (9,86 %), razsvetlavo (7,1 %) in odstranjevanje gnoja ali gnojevke ter drugo (7,62 %). Največ energije se porabi za gretje živali in krmljenje, skupno 75,3 % energije od celotne energije, ki se porabi za vzdrževanje življenjskega okolja pri ekološkem načinu reje. V primeru ekološke pridelave je nižja poraba energije pri razsvetljavi, prezračevanju in odstranjevanju gnojevke ali gnoja. Vidno je, da je ekološki način reje v celoti energetsko manj potraten v primerjavi s konvencionalno rejo. Celotna

poraba energije je pri ekološki reji v primerjavi s konvencionalno rejo živali nižja za 20,3 %.

4 Poraba energije za končni produkt

V sklopu reje prašičev je poraba energije izražena na enoto končnega produkta (meso). Poraba energije v reji prašičev za meso znaša 0,34 kWh/kg mesa pri konvencionalnem načinu reje oziroma 0,27 kWh/kg mesa pri ekološkem načinu reje živali. Vidno je, da je ekološki način reje v primerjavi s konvencionalno rejo pri prireji prašičjega mesa energetsko manj potraten. V izračunu je predpostavljeno, da je masa toplih klavnih polovic enaka v primeru konvencionalne in ekološke reje živali.

5 Ogljični odtis

Zaradi skrbi za življenjsko okolje so zasnovane metode, ki ugotavljajo vpliv določenih produktov na okolje. Najbolj uporabljena in uveljavljena je metoda analize življenjskega cikla (angl. *Life cycle analysis*, kratica LCA), ki analizira vpliv nekega izdelka na okolje v vseh življenjskih fazah: proizvodnji, uporabi in odstranitvi. LCA je računski sistem, ki opisuje in kvantificira indikatorje okoljske sprejemljivosti in merljivosti, v zadnjem obdobju pa se uporablja tudi v kmetijstvu. V primeru kmetijstva se analiza življenjskega cikla nanaša na: pridelavo, predelavo ter konec kmetijskega produkta. V vseh fazah življenjskega cikla se porablja energija, ki poleg nekaterih drugih procesov prispeva emisijam toplogrednih plinov (TGP). Ogljični odtis je izraz za skupek ogljikovega dioksida ter drugih TGP, ki jih v okolje neposredno ali posredno spusti določen objekt, naprava, izdelek, proces ali telo. Ogljični odtis je mogoče izračunati in ovrednotiti. Zaradi poenostavljenega razumevanja so emisije TGP preračunane na ekvivalent ogljikovega dioksida, ki je med toplogrednimi plini najbolj prepoznaven.

6 Toplogredni plini

Toplogredni plini so plini, ki povzročajo učinek tople grede v Zemljinem ozračju. Glavnino TGP predstavljajo vodna para, ogljikov dioksid, metan, amonijak in ozon. Izračun emisij iz posameznega procesa v sklopu reje prašičev je rezultat emisij zaradi porabe energije (mineralnega dizelskega goriva, električne in toplotne energije - utekočinjeni naftni plin ali zemeljski plin). Uporabljeni emisijski faktorji za izračun emisij TGP zaradi porabe posameznih vrst goriva ali energije so enaki emisijskim faktorjem, ki so uporabljeni v nacionalnih poročilih za mednarodne organizacije o emisijah TGP v Sloveniji (emisijski faktorji za CO₂, CH₄ in N₂O). Emisije TGP so preračunane v kg ekvivalent CO₂ za pridelavo glede na način reje (konvencionalna ali ekološka).

Sodobno kmetijstvo je izredno odvisno od virov fosilnih goriv. Uporaba velikih količin direktne in indirektno energije v kmetijstvu pa je prispevala značilnem povečanju pridelave hrane od šestdesetih let prejšnjega stoletja v svetu in pri nas. Tudi v prašičereji se rabijo fosilna goriva. V primeru mehanizirane pridelave krme, transporta gnoja in gnojevke itn., se na primer uporablja za pogon traktorjev agregatiranih s priključnimi stroji in samovoznih kmetijskih strojev mineralno dizelsko gorivo, kar pomeni da je porabljena energija (EU_{direktna}) posledica zgorevanja omenjenega goriva.

Pri popolnem zgorevanju goriv, ki vsebujejo ogljikovodike, teoretično nastajata samo ogljikov dioksid (CO_2) in vodna para (H_2O). Poleg tega vsebujejo produkti zgorevanja tudi odvečni kisik (O_2) in dušik (N_2). Ker pa zgorevanje ni nikoli popolno, je v izpušnih plinih še veliko drugih produktov. Za celotne emisije toplogrednih plinov (CO_2 , CH_4 , in N_2O), ki nastanejo v procesu zgorevanja goriva v motorjih traktorjev in drugih kmetijskih strojev, se da določiti ekvivalentna količina CO_2 , ki je potrebna, da povzroči efekt TGP. Ta količina je izražena z enoto kilogram ogljikovega dioksida - ekvivalent (kg CO_2 ekv). Emisije TGP (CO_2 , CH_4 , in N_2O), ki nastanejo z zgorevanjem mineralnega dizelskega goriva znašajo 2,67 kg CO_2 ekv./l goriva, utekočinjenega naftnega plina 1,53 kg CO_2 ekv./l goriva in stisnjenega zemeljskega plina 1,23 kg CO_2 ekv./l goriva (podatki IPCC, 2012). Električna energija lahko izhaja iz različnih virov (hidroelektrarne, termoelektrarne, jedrske elektrarne in drugi viri energije), zato je pri izračunih uporabljen podatek o mešanici emisij TGP v kg CO_2 ekv./kWh za njo. Za emisije kg CO_2 ekv./kWh iz proizvodnje električne energije v Republiki Sloveniji je vzeta podatek 0,516 kg CO_2 ekv./kWh (podatek Inštitut Jožef Štefan - Center za energetska učinkovitost, 2012).

7 Emisije toplogrednih plinov - TGP

Emisije TGP (kg CO_2 ekv./kg produkta) v prašičereji nastanejo v pridelavi, predelavi in transportu. Največ emisij TGP prispeva proizvodnja krme za prašiče (60 %), glede deleža sledijo še emisije iz skladiščenja in procesiranja gnoja, ki znašajo 27 %, preostanek (13 %) pa so emisije iz direktne in indirektno porabe energije v reji prašičev, procesiranja v klavnici in živilsko predelovalni industriji in transporta mesa ter enterične fermentacije. Od omenjenih 13 % emisij na direktno in indirektno porabo energije v reji prašičev odpade 3 % emisij, na procesiranje v klavnici in živilsko predelovalni industriji in transport 6 % in enterično fermentacijo 3 % (MacLeod in sod., 2013).

V analizi domače reje so obdelane emisije TGP, ki nastanejo iz energije porabljene v reji prašičev (porabljena direktna energija). Emisije (povprečne) TGP iz energije porabljene v konvencionalni reji (direktna energija) znašajo 0,16 kg CO_2 ekv./kg mesa (toplih klavnih polovic). Emisije (povprečne) TGP iz energije porabljene v ekološki reji (direktna energija) znašajo 0,09 kg CO_2 ekv./kg mesa (toplih klavnih polovic). Omenjenim emisijam TGP se prištejejo emisije iz energetske porabe (direktna energija) v procesiranju mesa (energija porabljena v klavnici, energija za hlajenje mesa in za predelavo v končne produkte živilsko predelovalne industrije). Emisije TGP iz energije porabljene v reji (direktna energija) so relativno nizke v primerjavi z ostalimi emisijami TGP, ki nastanejo v življenjskem ciklu prašičereje.

8 Meso - procesiranje

Emisijam TGP iz energije porabljene za vzdrževanje življenjskega okolja v reji živali (konvencionalna in ekološka reja) so prištete emisije TGP, ki nastanejo v procesiranju mesa (različni procesi v klavnici, hlajenje mesa). Ugotovljeno je, da pri konvencionalnem načinu reje prašičev celotne emisije (reja + procesiranje mesa v klavnici) TGP znašajo 1,28 kg CO₂ ekv./kg mesa oziroma 2,76 kg CO₂ ekv./kg mesa v primeru predelave mesa v trajne mesne izdelke. Pri ekološkem načinu reje prašičev celotne emisije (reja + procesiranje mesa v klavnici) TGP znašajo 1,21 kg CO₂ ekv./kg mesa oziroma 2,7 kg CO₂ ekv./kg mesa v primeru predelave mesa v trajne mesne izdelke. Emisije TGP iz procesiranja mesa (CO₂ ekv./kg mesa) so pri ekološki reji v primerjavi s konvencionalno rejo nižje za 5,4 %, v primeru predelave mesa v trajne mesne izdelke pa za 2,1 %. Skupne emisije TGP iz reje živali in procesiranja mesa pri ekološki pridelavi v primerjavi s konvencionalno pridelavo so nekoliko nižje. Pri predelavi mesa je energetsko najbolj potratna proizvodnja trajnih mesnih izdelkov. Če emisijam iz reje in procesiranja mesa prištejemo še vrednosti emisij za transport mesa, so celotne emisije še višje.

9 Zmanjševanje ogljičnega odtisa reje prašičev in predelave mesa

Emisije toplogrednih plinov iz energetske porabe je možno zmanjšati na več načinov: z učinkovito rabo energije, z nadomeščanjem fosilnih goriv z višjimi emisijami TGP z gorivi z nižjimi emisijami TGP, npr. kurilno olje se nadomesti z zemeljskim plinom ter uporabo alternativnih virov energije (solarna energija, energija vetra, trdna, tekoča in plinasta goriva iz biomase, geotermalna energija itn.).

Za vzdrževanje življenjskega okolja živali se porabi največ električne energije, zato je podanih nekaj osnovnih nasvetov glede možnosti zmanjšanja porabe. Z zmanjševanjem porabe električne energije se znižajo tudi emisije TGP oziroma CO₂ ekvivalenta, kar pomeni tudi nižji ogljični odtis končnega produkta - mesa ali trajnega mesnega izdelka. V nadaljevanju je prikazan način učinkovitejše rabe električne energije ter kako kmetija, usmerjena v prašičerejo, lahko pristopi k zmanjševanju porabe električne energije.

Za zmanjšanje porabe električne energije v reji je potrebno najprej ugotoviti dejansko porabo električne energije na kmetiji oziroma podjetju, ki se ukvarja z rejo prašičev. Za ta namen je potrebno pripraviti seznam vseh električnih porabnikov in pristopiti k merjenju njihove električne porabe. Poraba se lahko ugotavlja s pomočjo skupnega električnega števca (pove nam samo podatek za celotno porabo električne energije vseh električnih porabnikov) ali pa preko posebnih merilnikov, kjer se priključi vsak električni porabnik posebej. Merilnik porabe električne energije se poveže z različnimi električnimi stroji, ki se uporabljajo pri različnih opravilih za vzdrževanje življenjskega okolja živali npr. čiščenje gnoja, prezračevanje objektov ter razsvetljava. Zaradi zanesljivosti podatkov meritev je bolje, da se meritve na vseh električnih strojih opravljajo skozi daljše časovno obdobje. Priporočljivo je, da se posamezni električni porabnik spremlja več dni, tednov in v nekaterih primerih celo več mesecev. Z registriranjem električne porabe različnih porabnikov in opravljenimi analizami rezultatov meritev, lahko kmetija pristopi k strategiji glede zmanjševanja porabe električne energije v prihodnosti.



Slika 1: Prenosni merilnik porabe električne energije zasnovan na Kmetijskem inštitutu Slovenije - Oddelku za kmetijsko tehniko in energetiko, omogoča meritve porabe električne moči posameznih električnih porabnikov. Merilnik beleži trenutno, maksimalno, kumulativno itn. porabo električne energije priključenih strojev in naprav, možen pa je tudi prenos zabeleženih podatkov na računalnik.

10 Ukrepi za zmanjšanje porabe električne energije

Po opravljenih meritvah in ugotovitvah glede porabljene električne energije za posamezne stroje in naprave bo potrebno pristopiti k ukrepu za izboljšave, kar pomeni manjšo porabo električne energije. Možnosti za izboljšave so v primeru neustrezne rabe energije, pri slabih pretvorbah in slabih izkoristkih delovnih procesov ter končno v primeru tratenja energije. Za pravilno presojo ali je raba energije v razumnih mejah, je potrebno upoštevati podatke proizvajalcev opreme, poleg njihovih podatkov pa je potrebno tudi primerjati podatke iz literature o specifični rabi električne (ali druge) energije. Uporabnik se mora za namen kakovostne analize podrobno seznaniti z električnimi stroji in napravami ter potekom mehanizirane reje živali. Uporabnik se ne sme zadovoljiti z ugotovitvijo, da je obstoječe stanje glede porabe električne energije nespremenljivo, brez da je podrobno seznanjen z električnimi stroji in napravami ter samim potekom mehanizirane reje. Zavedati se mora, da vedno obstajajo možnosti za izboljšave.

Preglednica 2: Poraba energije v različnih fazah reje prašičev (vir: *Energy use in Agriculture, Teagasc, 2011*)

Faza v reji	Namen porabe energije	Dobra praksa porabe energije/žival	Najpomembnejši vpliv
Prasitev, Porodišnica	Gretje, razsvetljava, ventilacija	4 kWh	Avtomatična regulacija temperature lahko značilno zmanjša porabo energije, talno gretje je lahko bolj učinkovito, kot gretje z infrardečimi grelniki
Odstavitev	Gretje, razsvetljava, ventilacija	3 kWh	Izolacija hlevov, najpomembnejša avtomatična regulacija ventilacije objekta, izbira učinkovitega sistema razsvetljave
Zaključna faza	Razsvetljava, ventilacija	6 kWh	Izbira učinkovitih ventilatorjev ter vstopnih in izstopnih delov prezračevalnega sistema, izbira učinkovitega sistema razsvetljave
Sistem krmljenja	Mehanski pogoni, črpanje, transport	1 kWh	Sistem za krmljenje po suhem postopku porabi manj energije za transport krme, kot sistem za krmljenje po mokrem postopku
Odstranjevanje gnoja	Mehanski pogoni strgal, črpanje	2 kWh	Izbira energijsko učinkovitih črpalk, sistemov za aeracijo gnojevke, separatorjev
Skupaj		16 kWh	

Tudi v primeru ugotovitve, da se poraba električne energije pri vzdrževanju življenjskega okolja prašičev ujema s podatki, ki so podani za porabo energije za dobro prakso (preglednica 2), vedno obstajajo možnosti za zniževanje porabe električne energije. V primeru, da je poraba električne energije precej višja, bo potrebno hitro ukrepati v smeri zmanjševanja porabe električne energije. Z naraščajočimi cenami energije, poraba električne energije postaja tudi pomemben faktor, ki vpliva na ekonomičnost reje. Raziskave opravljene v Nemčiji so pokazale precej velike razlike pri porabi električne energije na prašičerejskih farmah.

Približno 20-25 % električne energije se porabi v prasiliščih. S pravilno regulacijo temperature omenjenega prostora se lahko dosega prihranki energije. Pri en dan starih pujskih je potrebno vzdrževati temperaturo omenjenega prostora na temperaturi od 24 °C. Ta temperatura se zniža na 20 °C, ko so pujski stari dva dni. Slab nadzor nad temperaturo v omenjenih prostorih vodi do pregretja in nastanka odvečne toplote in izgub zaradi dodatne energije za ventiliranje. Pri vzreji tekačev se porabi približno 25 % energije. Na začetku je potrebno vzdrževati temperaturo 28 do 29 °C, postopoma se ta temperatura znižuje za 2 °C na teden teden. Na splošno se lahko pričakuje poraba približno 10,3 kWh/žival, od tega 7,5 kWh/žival za gretje, 2 kWh/žival za razsvetlavo in 0,5 kWh/žival za ventilacijo. V primeru vzreje tekačev je možno dosežati velike prihranke v porabi energije. Za krmljenje z verižnim transporterjem je potrebno 0,9 kWh/leto za žival, v primeru, da je sistem računalniško nadzorovan, je za čredo 1000 živali potrebno še dodatnih 0,4 kWh/leto na žival. Za razsvetlavo je potrebno še 2,2 kWh/leto, za čiščenje pa moramo računati z dodatnih 0,2 kWh/leto na žival.



Slika 2: Sistem za krmljenje po suhem postopku porabi manj energije za transport krme, kot sistemi za krmljenje po mokrem postopku (vir: Big Dutchman)

11 Elektromotorji

Elektromotorji predstavljajo enega od največjih porabnikov električne energije pri električnih strojih in napravah, ki se uporabljajo v kmetijstvu oziroma živinoreji. Zavedati se moramo, da v življenjski dobi elektromotorja 96 % obratovalnih stroškov predstavlja električna energija za njegov pogon, samo 2,5 % predstavlja njegova nabavna cena, na vzdrževanje pa odpade še dodatno 1,5 % stroškov. Zaradi tega je ključnega pomena zagotoviti optimalno delovanje elektromotorjev, ki se uporabljajo na različnih strojih in napravah za vzdrževanje življenjskega okolja prašičev. Pozorni moramo biti na izgube pri različnih prenosih in način vzdrževanja. Pri nabavi novih strojev bi se morali odločati za nabavo takih izvedb, ki imajo energetske učinkovitejše elektromotorje in krmilne pogonske sisteme, npr. frekvenčni regulatorji. Energetske učinkoviti elektromotorji so označeni z EFF1. Elektromotor in gnani stroj morata biti medsebojno dobro usklajena. Velikokrat se uporablja za pogon določenih strojev elektromotorje, ki so premočni, v takem primeru elektromotor porablja preveč električne energije. Zato se ne sme uporabljati predimenzioniranih elektromotorjev po načelu »bolje je da razpolagamo z elektromotorjem, ki omogoča večjo rezervo moči«. Ker električni stroji ne rabijo dosti vzdrževanja se jim dosti krat ne namenja nobena pozornost, zato pogosto vidimo električne stroje, ki so pokriti z velikimi količinami prahu in druge umazanije. Slabo vzdrževani elektromotorji namenjeni za pogon različnih strojev na kmetiji lahko povečajo porabo električne energije. Izogibati se moramo uporabi elektromotorjev, ki so bili zaradi okvare previti z novim navitjem, ker se izkoristek takega elektromotorja velikokrat poslabša. V primeru, da se uporabnik ne more izogniti tovrstnemu popravilu, mora izbrati izvajalca previjanja, ki je ustrezno usposobljen in pooblaščen s strani proizvajalca elektromotorjev.

12 Frekvenčni pretvorniki za elektromotorje

Za spreminjanje števila vrtljajev gnanega stroja, ki ga poganja elektromotor, je priporočljivo uporabljati frekvenčne pretvornike in ne mehanskih gonil za spreminjanje vrtljajev (npr. jermenski variator). Frekvenčni pretvornik omogoča spreminjanje števila vrtljajev elektromotorja, s tem dosegamo nadzor nad delovanjem gnanega stroja (omogočen je tudi mehak zagon stroja in doseganje visokega navora že pri majhnih vrtljajih elektromotorja) ter vplivamo na zmanjšano porabo električne energije. Frekvenčni pretvorniki se največkrat uporabljajo pri elektromotorjih, ki poganjajo različne črpalke, kompresorje, ventilatorje itn. Ob spreminjajoči obremenitvi elektromotorja frekvenčni pretvornik poskrbi, da je število vrtljajev elektromotorja konstantno. Investicija v razmeroma drage frekvenčne pretvornike se bo obrestovala v nižji porabi električne energije na kmetiji in nižjih stroških reje živali. V primeru npr. uporabe črpalke, ki jo poganja elektromotor je za reguliranje pretočne količine tekočine bolj primerno uporabljati frekvenčne regulatorje za spremembo števila vrtljajev elektromotorja, kot reguliranje s pretočnimi ventili. Pri uporabi frekvenčnega regulatorja bo prihranek pri porabi električne energije znašal do 30 % v primerjavi z regulacijo pretoka s pretočnimi ventili.

13 Sistemi ventiliranja

Ker prašiči bolj občutljivo reagirajo na občutek toplote ali hladu v primerjavi z drugimi živali npr. z govedom, je potrebno posebno pozornost nameniti vzdrževanju pravilne temperature v objektih. To je posebej značilno pri mladih živalih. Termalno nevtralne temperature za prašiče so v območju med 16 in 22 °C, izven omenjenega območja so organi, ki nadzorujejo telesno temperaturo preobremenjeni. Pri temperaturah pod 16 °C, se živali držijo skupaj da reducirajo količino toplote, ki je oddana v zrak objekta prek površine telesa živali. Potrebe po hrani se povečajo, tako da je na razpolago več energije za živali, da lahko vzdržujejo stanje potrebne temperature. Še slabše je v primeru temperature v objektu, ki je nad 22 °C. Prašiči imajo slabo možnost za prenašanje višjih temperatur zaradi tega, ker nimajo znojnih žlez. Pri živali ne sme priti do povečanja temperature, izgubiti mora toliko toplote, kot jo je ustvarila. Zato je izrednega pomena zagotoviti pravilno temperaturo in vlažnost zraka v hlevu.

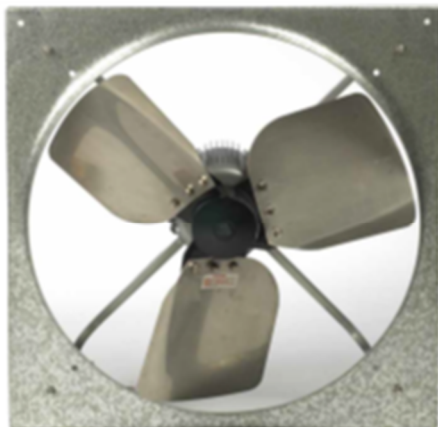
Ventiliranje s podtlakom deluje tako, da ventilatorji na hlevu vsesavajo zrak iz hleva. Na ta način nastane majhen podtlak, ki potegne sveži zrak iz okolice hleva v notranjost hleva skozi posebne odprtine za zračenje. Ventiliranje z nadtlakom deluje tako, da ventilatorji potiskajo sveži zrak skozi dovodne kanale v hlev. Na ta način nastaja nadtlak, ki potiska izrabljen zrak iz hleva skozi odzračevalne jaške iz hleva. Pri obeh sistemih ventiliranja, s podtlakom in nadtlakom, se količina zraka regulira s spreminjanjem števila vrtljajev ventilatorja in odpiranjem odprtin za vstopni ali izstopni zrak.

Pri ventiliranju z izenačenim tlakom so ventilatorji v sistemu za dovod svežega zraka in v sistemu za odvod rabljenega zraka iz hleva. V tem primeru je sistem za odvod rabljenega zraka urejen kot talno zračenje v hlevih z rešetkastimi tlemi. Oba tipa ventilatorjev morata biti sinhronizirana, da je tlak v hlevu ves čas izenačen. Tako so združene vse dobre lastnosti obeh sistemov. Talno zračenje deluje pravilno, če je poskrbljeno, da

ventilator enakomerno sesa rabljen zrak po celotni dolžini hleva. Zato mora biti tudi za odvod zraka iz hleva narejen poseben jašek na katerem so priključki v kanal za gnojevko po celotni dolžini.

14 Izbira in vzdrževanje ventilatorjev

Najboljši način za zmanjševanje porabe električne energije pri prezračevanju hlevov je uporaba naravnega prezračevanja, kjer je seveda možna. Ker pa ta način ni povsod možen, moramo za prezračevanje uporabljati električne ventilatorje. Na obstoječih hlevskih ventilatorjih je potrebno opravljati redne vzdrževalne posege, kar pomeni da je potrebno preverjati stanje ventilatorjev in jih po potrebi tudi občasno očistiti. Umazani ventilatorji (umazane lopatice in prezračevalne reže, prekrite z različno umazanijo) lahko zmanjšajo izkoristek ventilatorjev za več kot 40 %. Lahko se celo zgodi, da so ventilatorji tudi poškodovani (npr. zvite lopatice, odpadle lopatice itn.), kar pomeni da ventilator deluje popolnoma neučinkovito. Očiščeni in vzdrževani ventilatorji lahko znižajo stroške električne energije v razponu od 15 do 50 %.



Slika 3: Očiščeni in vzdrževani ventilatorji lahko znižajo stroške električne energije v razponu od 15 do 50 %.

Pri nakupu novih ventilatorjev je potrebno pravilno izbrati ventilatorje glede zahtev po prezračevanju hlevskih objektov in porabe moči (energijsko učinkovite izvedbe ventilatorjev ter izvedbe opremljene s frekvenčnimi regulatorji za reguliranje števila vrtljajev elektromotorja ventilatorja). Dimenzioniranje ventilatorjev je tudi izrednega pomena. Predimenzionirani ventilatorji lahko zapravljajo električno energijo, premalo dimenzionirani ventilatorji pa ne bodo opravljali učinkovitega prezračevanja, poleg tega jih bo potrebno prepogosto dajati v pogon za doseganje pravilne temperature v hlevu. Samo podatek o moči elektromotorja, ki poganja ventilator, ne pove dosti uporabniku, bolj pomemben je podatek o razmerju pretoka zraka v enoti časa in električne moči za ventilator, ki je izražen v l/s/W ali m³/h/kW. Na žalost se omenjeni podatek dobi samo v primeru nekaterih oziroma vodilnih proizvajalcev ventilatorjev, ki svoje izdelke testirajo na nekaterih EU in ameriških inštitucijah, ki se ukvarjajo s problematiko učinkovite rabe energije v kmetijstvu oziroma živinoreji.

15 Uporaba obnovljivih virov energije na prašičerejski kmetiji

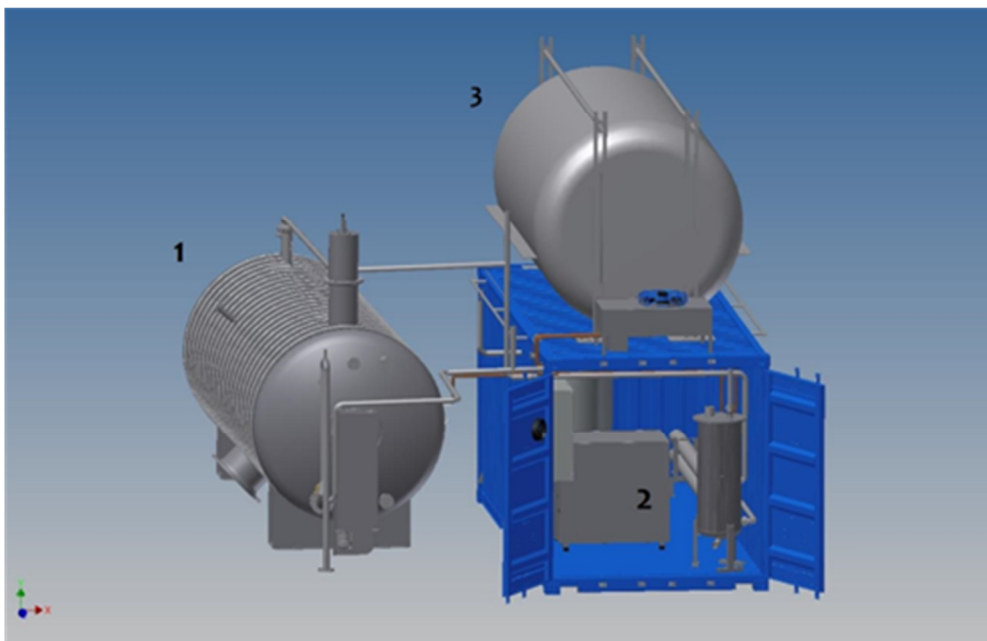
Na kmetiji lahko pridobivamo energijo iz obnovljivih virov energije (sonca, vetra, biomase itn.). Na strehah različnih objektov so lahko nameščene fotovoltaične naprave ali mikro vetrnice za proizvodnjo električne energije. Iz gnojevke in hlevskega gnoja ter različnih rastlinskih ostankov pa lahko pridobivamo bioplin. S sežiganjem bioplina se npr. v kogeneratorski enoti istočasno proizvaja električna in toplotna energija (uveljavljeno zaradi sistema podpor električni energiji iz OVE). Bioplin, ki se sežiga na gorilniku, se lahko na kmetiji direktno uporabi za proizvodnjo toplotne energije za procesne potrebe kmetije.

Na strehe različnih objektov na kmetiji se lahko namestijo solarni kolektorji za segrevanje vode ali zraka za procesne potrebe. Solarni kolektorji predstavljajo enega od najcenejših načinov za pridobivanje toplotne energije (zmanjšamo porabo električne energije, ki se porabi npr. za segrevanje vode za procesne potrebe kmetije itn.) v primerjavi z ostalimi načini pridobivanja energije iz obnovljivih virov. Na kmetiji lahko zmanjšamo porabo energije tudi z uporabo različnih izvedb toplotnih črpalk.

S pridobljeno energijo iz obnovljivih virov zmanjšamo ogljični odtis kmetije oziroma ogljični odtis končnega kmetijskega produkta npr. svežega mesa, trajnega mesnega izdelka itn.

16 Bioplin

Bioplin je zmes plinov, ki nastane pri anaerobnem vrenju (brez prisotnosti kisika) v bioplini napravi (razkroj biomase in živalskih odpadkov poteka s pomočjo razkrojnih mikroorganizmov - bakterij). Najpomembnejša komponenta bioplina je metan (bioplin s 70 % vsebnostjo metana ima kurilnost 23 MJ/m^3). Energijska vrednost bioplina ustreza $6 - 6,5 \text{ kWh/m}^3$ oziroma $0,6 - 0,65 \text{ l plinskega olja/m}^3$ bioplina. Metan ima velik toplogredni učinek v kratkem času (življenjska doba v Zemljinem znaša 12 let) v primerjavi z ogljikovim dioksidom. Zaradi omenjene razlike v efektu in časovnem obdobju, globalni potencial segrevanja metana v 20 letnem obdobju znaša 75, v 100 letnem obdobju pa bodo emisije metana imele 25 kraten vpliv na segrevanje ozračja v primerjavi z emisijami ogljikovega dioksida. Metan (CH_4) nastaja pri fermentaciji krme v prebavilih domačih živali in v primeru odprtega shranjevanja živalskih odpadkov (metan uhaja v ozračje). Kadar živalske odpadke, kot je npr. gnojevka vnašamo v bioplini napravo (substrat za proizvodnjo bioplina) metanu preprečimo uhajanje v ozračje, ker ga izkoristimo npr. na kogeneracijskih enotah za sproizvodnjo električne in toplotne energije. Bioplin lahko proizvodimo tako rekoč iz vseh organskih materialov, ki vsebujejo zadovoljivo razmerje ogljika in dušika (bakterije uporabljajo ogljik iz ogljikovih hidratov ter dušik iz beljakovin).



Slika 4: Mikro bioplinska naprava modularne izvedbe, 1 - digester, 2 - kontejner, kjer poteka obdelava gnojevke, čiščenje bioplina in njegova kogeneracija, 3 - plinohram; (vir: bioplinska naprava razvita v podjetju Omega air in Kmetijskem inštitutu Slovenije)

Prašičerejske kmetije lahko predelajo gnojevko ali gnoj v bioplin na bioplinskih napravah. Poleg bioplina se na bioplinski napravi pridobi visokokakovostni izhodni substrat, ki se lahko uporabi za gnojenje. Bioplin se porabi v kogeneratorskih enotah za soproizvodnjo električne in toplotne energije. Letna proizvodnja električne energije na mikrobioplinskih napravah se lahko giblje od 80.000 kWh do 400.000 kWh, kar je odvisno od električne moči kogeneratorskih enot, ki so lahko v razponu od 10 - 50 kW_e. Električno in toplotno energijo (procesne potrebe) lahko v celoti porabijo na kmetiji, oziroma viške oddajo v električno omrežje. Slaba stran mikro bioplinskih naprav je visoka investicija v napravo, ki se giblje od 7.000 do 9.000 EUR/kW_e, ter vpliva na njihovo širše uvajanje v večjem obsegu v EU in pri nas.

17 Zaključek

Emisije toplogrednih plinov iz energetske porabe v vzdrževanju življenjskega okolja živali je možno zmanjšati na več načinov: z učinkovito rabo energije, z nadomeščanjem fosilnih goriv z višjimi emisijami TGP z gorivi z nižjimi emisijami TGP, ter uporabo alternativnih virov energije (solarna energija, energija vetra, trdna, tekoča in plinasta goriva iz biomase, geotermalna energija itn.). Za vzdrževanje življenjskega okolja prašičev se porabi največ toplotne in električne energije. Z zmanjševanjem porabe energije se znižajo tudi emisije TGP oziroma CO₂ ekvivalenta, kar pomeni tudi nižji CO₂ odtis končnega produkta - mesa.

Možnosti za zmanjševanje porabe energije obstajajo v vseh fazah reje živali pri vzdrževanju življenjskega okolja. Pri nabavi nove strojne opreme se morajo rejci živali

odločati za nabavo takih izvedb strojev, ki imajo energetsko učinkovitejše elektromotorje in krmilne pogonske sisteme, npr. frekvenčne pretvornike za reguliranje števila vrtljajev elektromotorjev. Tudi porabo energije pri ogrevanju je možno uspešno zmanjševati, npr. avtomatična regulacija temperature v hlevu lahko značilno zmanjša porabo energije, talno gretje za mlade pujske je lahko bolj učinkovito kot gretje z infrardečimi grelniki. Izolacija hlevov lahko prispeva značilno zmanjšanju porabe energije za gretje. Starejše, energetsko bolj potratne objekte je potrebno sanirati s sodobno izolacijo, da se zmanjšajo energetske izgube. Pri razsvetljavi je možno zmanjšati porabo električne energije z zamenjavo energetske bolj potratnih svetlobnih teles s sodobnejšimi, ki so energetsko manj potratna, npr. LED svetila. Sistem za krmljenje živali po suhem postopku porabi manj energije za transport krme kot sistemi za krmljenje po mokrem postopku. Tudi pri sistemu za odstranjevanje gnoja oziroma gnojnice obstaja možnost izbire energijsko učinkovitih črpalk, sistemov za aeracijo gnojevke in separatorjev. Poleg vsega omenjenega na področju učinkovite rabe energije, obstaja še možnost za nadomeščanje porabe energije iz konvencionalnih virov z uporabo energije iz obnovljivih virov energije (sonca, vetra, biomase itn.). S pridobljeno energijo iz obnovljivih virov zmanjšamo CO₂ odtis kmetije oziroma CO₂ odtis končnega kmetijskega produkta npr. svežega mesa, trajnega mesnega izdelka itn.

Viri

- Caslin B, Cirillo M, Finann J, Forristal D, Gaffney M, Mc Cuchteon G, Murphy M, Sproule I, Upton J, 2011. Energy use in agriculture. Teagasc, Agriculture and Food Development Authority.
- Dalgaard T, Halberg N, Porter JR, 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agr. Ecosyst. Environ.* 87: 51-65.
- Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting. 2012. AEA for the Department of Energy and Climate Change (DECC) and the Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra).
- Jejčič V, Al-Mansour F, 2014. Ogljični odtis konvencionalne in ekološke poljedelske pridelave. Zbornik mednarodne konference, Actual Tasks on Agricultural Engineering, Fakultet agronomskih znanosti - Zagreb, Opatija.
- Handler F, Nadlinger M, 2012. Trainer handbook, D 3.8 Strategies for saving fuel with tractors. EU project Intelligent Energy Europe, Efficient 20, IEE/09/764/SI2.558250.
- MacLeod M, Gerber P, Mottet A, Tempio G, Falcucci A, Opio C, Vellinga T, Henderson B, Steinfeld H, 2013. Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains - A global life cycle assesment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Meul M, Nevens F, Reheul D, Hofman G, 2007. Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. *Agric. Ecosyst. Environ.* 119: 135-144.
- Šalehar A, 1995. Prašičereja, ČZD Kmečki glas, Knjižnica za pospeševanje kmetijstva, 278 str.
- Woods J, Williams A, Huges JK, Black M, Murphy R, 2010. Energy and the food system. *Phil.Trans. R.Soc.B*, 365 str.