

Utjecaj tehnološkog procesa proizvodnje na udio masti, sastav masnih kiselina i stupanj oksidacije masti u dimljenom pršutu

Poljanec Ivna¹, Nives Marušić Radovčić^{1*}, Josipa Katavić¹, Helga Medić¹

Sažetak

Cilj istraživanja bio je odrediti udio masti, sastav masnih kiselina i stupanj oksidacije masti u dimljenom pršutu tijekom 12 mjeseci proizvodnje. Istraživanje je provedeno na uzorcima dva mišića pršuta, *musculus biceps femoris* (BF) i *musculus semimembranosus* (SM), nakon svake od 5 faza proizvodnog procesa (sirovi but, nakon soljenja, nakon dimljenja, nakon sušenja i nakon zrenja). Provedene su analize ukupnog udjela masti metodom po Soxhletu, sastava slobodnih masnih kiselina (SMK) plinskom kromatografijom i stupnja oksidacije masti pomoću testa s tiobarbiturnom kiselinom (TBARS test). Udio ukupnih masti povećao se nakon faze sušenja u oba mišića. U mišiću SM određeni su statistički značajno veći ($p < 0,05$) udjeli ukupnih masti tijekom cijelog procesa proizvodnje pršuta. Profili SMK istraživanih mišića značajno ($p < 0,05$) su se mijenjali tijekom proizvodnje. Određen je porast stupnja oksidacije masti tijekom cijelog procesa u oba mišića, a intenzivniji tijek oksidacije masti određen je u mišiću SM. Mišići BF i SM gotovog pršuta imali su sličan sastav masnih kiselina te su sadržavali 38,10-38,28 % SFA, 50,45-52,17 % MUFA i 9,55-11,24 % PUFA. Na kraju proizvodnje je određen statistički značajno ($p < 0,05$) veći udio masti i veći stupanj oksidacije masti u mišiću SM u odnosu na mišić BF dimljenog pršuta.

Ključne riječi: dimljeni pršut, udio masti, sastav masnih kiselina, TBARS test

Uvod

Kvaliteta i senzorska svojstva pršuta uvelike ovise o mastima prisutnima u mišićnom i masnom tkivu buta, kao i o njihovima promjenama tijekom tehnološkog procesa proizvodnje. Općenito, u svinjskom butu nalaze se tri glavna depoa masnog tkiva: potkožno (adipozno), između mišića (intermuskularno) i unutar mišića (intramuskularno). Iako intermuskularno i potkožno masno tkivo pomažu u umjerenom prodiranju soli i usporava-

ju dehidraciju tijekom obrade, intramuskularna mast (IM) pršuta ima najznačajniji utjecaj na izgled, teksturu (mekoću i sočnost) te intenzitet i postojanost arome i okusa pršuta (Gilles, 2009.).

Udio masti i sastav masnih kiselina u pršutu ovise o genotipu svinja, o načinu i tipu hranidbe, kao i o načinu uzgoja svinja (Díaz-Caro i sur., 2019.; Gilles, 2009.). Tijekom proizvodnje pršuta, glavne komponente intramuskularne masti (IM) (triglice-

¹ Ivna Poljanec, mag.ing.; doc.dr.sc. Nives Marušić Radovčić*; Josipa Katavić, mag.ing.; prof.dr.sc. Helga Medić, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

*Autor za korespondenciju: nmarusic@pbf.hr

ridi i fosfolipidi) prolaze intenzivnu lipolizu. Lipoliza započinje hidrolizom fosfolipida i triglicerida, pri čemu se tijekom hidrolize triglicerida odvija preko di- i monoacilglicerola do SMK, a hidroliza fosfolipida izravno do slobodnih masnih kiselina (SMK) (Toldrá, 1998.). Glavni supstrati lipolize su uglavnom fosfolipidi, iako kod nekih pasmina svinja s visokim sadržajem triglicerida (poput iberijske i korzikanske pasmine) iz triglicerida nastaje značajan udio SMK (30-50%) (Gandemer, 2002.). Produkti lipolize (SMK) mogu direktno utjecati na senzorska svojstva pršuta ili su kao takve prekursori za različite hlapive spojeve arome (Čandek-Potokar i Škrlep, 2012.). Udio SMK tijekom proizvodnje povećava se od oko 1-2 % do 8-20 % ukupnih masti u mišićima, ovisno o karakteristikama sirovine i tehnološkom procesu (Gilles, 2009.). Porast koncentracije SMK u pršutu najintenzivniji je do desetog mjeseca proizvodnje, dok se dužim proizvodnim procesom udio pojedinih SMK smanjuje zbog podložnosti oksidaciji (Toldrá, 1998.).

Oksidacija masti značajno utječe na senzorske i nutritivne karakteristike pršuta. Umjeren stupanj lipidne oksidacije može pozitivno utjecati na razvitak karakteristične arome, dok intenzivna oksidacija narušava kvalitetu pršuta i smatra se jednom od najvažnijih degradativnih promjena prilikom proizvodnje i skladištenja (Harkouss i sur., 2015.; Koutina i sur., 2012.). Utvrđeno je kako se najintenzivnija oksidacija masti događa u prvim fazama tehnološkog procesa, dok se u kasnijim fazama formiranje oksidacijskih produkata stabilizira zbog njihove razgradnje u hlapive tvari arome ili reakcija s aminokiselinama čime nastaju Shiffove baze (Harkouss i sur., 2015.; Koutina i sur., 2012.; Li i sur., 2020.).

Intenzitet lipolize i oksidacije masti ovisi o duljini pojedinih faza proizvodnje, koncentraciji dodane soli, temperaturi i vanjskim uvjetima (Bermúdez i sur., 2018.; Harkouss i sur., 2015.; Jin i sur., 2012.). Tijek tih promjena također može ovisiti i o anatomskoj lokaciji mišića u butu u kojem se one događaju, kao posljedica različitih uvjeta koji u njima vladaju tijekom proizvodnje. Mišić *Biceps femoris* (BF) se tijekom proizvodnje nalazi s unutarnje strane buta, a sloj kože i potkožnog tkiva kojim je prekriven sprječava brzu dehidrataciju i difuziju soli. Mišić *Semimembranosus* (SM) nalazi se s vanjske strane buta tijekom proizvodnje, zbog čega je podložniji brzom dehidrataciji i difuziji soli u početnim fazama proizvodnje pršuta (Harkouss i sur., 2015.).

Cilj ovog rada bio je istražiti promjene u udjelu ukupnih masti, u profilu SMK i stupnju oksidacije masti u dva najvažnija mišića (BF i SM) tijekom 12 mjeseci proizvodnje dimljenog pršuta.

MATERIJALI I METODE

Uzorci

Istraživanje je provedeno na svinjskim butovima dobivenim od tropasminskog križanca Durok × (Jorkšir × Landras). Svinje su uzgajane i tovljene pod istim uvjetima i s prosječnom masom pri klanju od 160 kg. Proizvodnja dimljenog pršuta provodila se u kontroliranim industrijskim uvjetima u pogonu za proizvodnju pršuta, prema specifikaciji za proizvodnju Dalmatinskog pršuta sa oznakom Zaštićenog zemljopisnog porijekla (ZOZP), bez dodatka aditiva poput nitrita ili askorbinske kiseline. Po deset svinjskih butova izuzeto je iz proizvodnog pogona nakon svake od pet faza proizvodnog procesa: 1. sirovi butovi, 2. soljenje (nakon 30 dana), 3. dimljenje (nakon 45 dana), 4. sušenje (nakon 75 dana), 5. zrenje (nakon 12 mjeseci). Uzorkovanje butova provedeno je rezanjem transversalno od bedara do glave bedrene kosti kako bi se dobili presjeci korišteni za analize. Nakon svake proizvodne faze (5) izuzeto je po 10 butova te su za potrebe analiza izdvojeni mišići *m. biceps femoris* (BF) (n=10) i *m. semimembranosus* (SM) (n=10) (ukupno 50 uzoraka svakog mišića). Uzorci su vakuumirani, označeni i skladišteni na -18 °C do analize. Svaki uzorak mišića (50 BF i 50 SM) analiziran je u triplicatu te sukladno tome, vrijednosti ukupnog udjela masti, sastava SMK i stupnja oksidacije masti prikazane u ovom radu predstavljaju srednje vrijednosti paralelnih mjerenja.

Određivanje udjela masti

Određivanje udjela masti provedeno je metodom po Soxhletu (HRN ISO 1443, 1999.) kontinuiranom ekstrakcijom s medicinskim benzinom.

Određivanje sastava masnih kiselina metodom plinske kromatografije

Priprema metilnih estera masnih kiselina

Analizi sastava masnih kiselina plinskom kromatografijom prethodilo je prevođenje masnih kiselina u njihove metilne estere. Mast dobivena ekstrakcijom metodom po Soxhletu (HRN ISO 1443, 1999) korištena je za pripremu metilnih este-

ra masnih kiselina. Metilni esteri pripremljeni su iz ekstrahirane masti postupkom transesterifikacije s kalijevim hidroksidom (ISO 12966-2, 2017.).

Analiza sastava masnih kiselina

Analiza sastava masnih kiselina metodom plinske kromatografije provedena je metodom prema Petrović i sur. (2010). Analiza je provedena na plinskom kromatografu Agilent Technologies 6890N Network GC System (Santa Clara, SAD) opremljenim s plamenoionizacijskim detektorom (FID) uz korištenje kapilarne kolone DB-23 (60 m x 0,25 mm x 0,25 μ m) (Agilent, Walnut Creek, CA, SAD). Za injektiranje uzoraka korišten je autosampler TriPlus (ThermoScientific, Augustin, TX, SAD). Uvjeti plinske kromatografije ranije su opisani u Marušić Radovčić i sur. (2018). Masne kiseline identificirane su usporedbom vremena zadržavanja metilnih estera pojedine masne kiseline s vremenima zadržavanja metilnih estera standardne smjese 37 masnih kiselina (F.A.M.E C4 – C24, Supelco) poznatog sastava. Za obradu podataka korišten je program Star GC Workstation 6.4 (Varian, Palo Alto, CA, SAD).

Određivanje stupnja oksidacije masti

Stupanj oksidacije masnih kiselina u uzorcima mišića određen TBARS testom prema Bruna i sur. (2001) s manjim preinakama.

Odvagano je 5 g uzorka i dodano 10 mg butiliranog hidroksitoluena (BHT) i 20 mL 5%-tne otopine trikloroetene kiseline (TCA). Smjesa je homogenizirana (Ultra Turrax T18 basic, IKA Werke GmbH & Co. KG, Baden-Württemberg, Njemačka) i potom centrifugirana (Rotina 380 R, Hettich LabTechnology, Tuttlingen, Njemačka) tijekom 10 min na 12000 rpm pri 4 °C. Dobiveni supernatant filtriran je preko filter papira Whatman (n° 54) (Whatman Ltd, Madstone, Engleska). 4 ml filtrata pomiješano je s 4 mL 0,02 M tiobarbiturine kiseline (TBA) te zagrijano na 100 °C u termobloku (Stuart SBH130D, Cole-Parmer Ltd., Stone, UK) u trajanju od 1 h. Nakon navedene inkubacije, očitana je apsorbancija na 532 nm na spektrofotometru (Specord 50 Plus, AnalytikJena, Jena, Njemačka). Koncentracija malondialdehida (MDA) u uzorcima izračunata je pomoću kalibracijske krivulje pripremljene u koncentracijskom području od 0,75-12,5 μ M 1,1,3,3-tetrametoksiopropanola (TMP) u 5 %-tnoj otopini TCA, a rezultati izraženi kao mg MDA/kg uzorka mišića pršuta.

Statistička obrada podataka

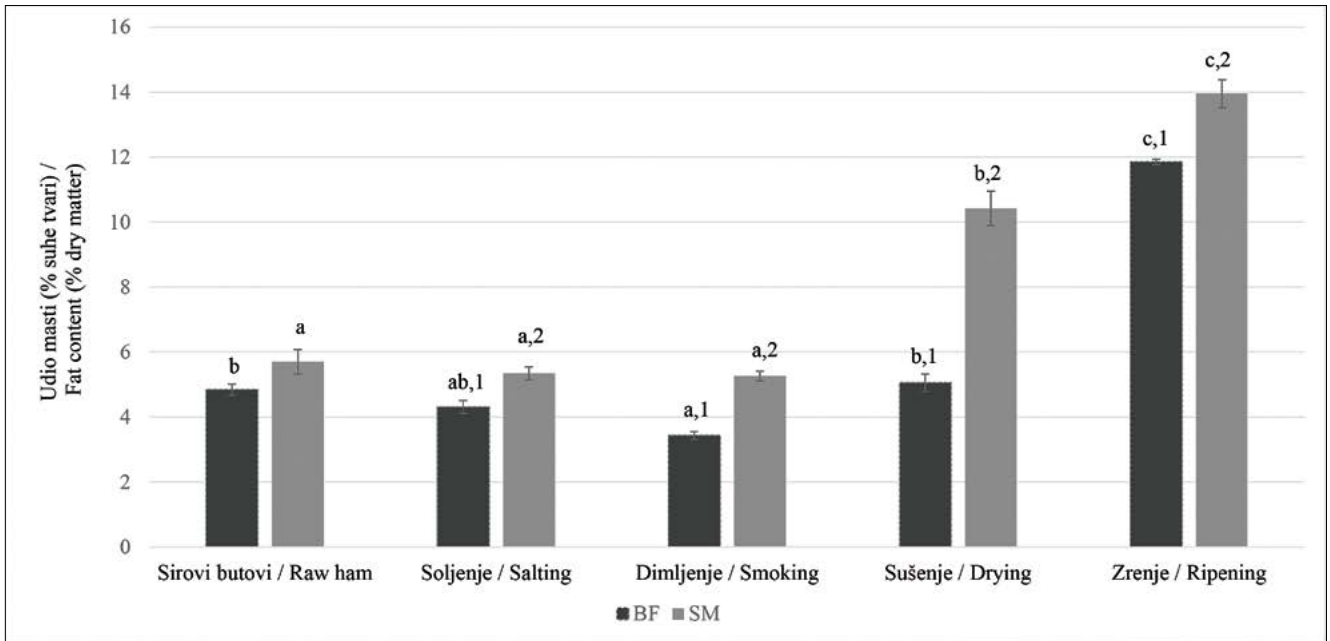
Statistička analiza provedena je primjenom računalnog programa SPSS 17.0 (SPSS Inc., (StatSoft Inc, Tulsa, Oklahoma, SAD). Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost \pm standardna pogreška. U svrhu utvrđivanje razlika u udjelu masti, sastavu SMK i stupnju oksidacije masti u istraživanim mišićima kroz faze tehnološkog procesa proizvodnje provedena je jednofaktorska analiza varijance (ANOVA) s definiranom statističkom značajnošću od 0,05. Kada je utvrđena statistički značajna razlika između skupina (faza proizvodnje) ($p < 0,05$) proveden je *posthoc* Tukey test. Za utvrđivanje razlika analiziranim parametrima između dva mišića u pojedinim fazama proizvodnje proveden je Student t-test s definiranom statističkom značajnošću od 0,05.

REZULTATI I RASPRAVA

Utjecaj tehnološkog procesa na udio masti u dimljenom pršutu

Na slici 1. prikazani su rezultati određivanja udjela ukupnih masti (% suhe tvari) u dva mišića tijekom pet faza proizvodnje dimljenog pršuta. Udio masti značajno ($p < 0,05$) se povećao u oba mišića tijekom proizvodnje, od 4,84 % do 11,85 % u BF i od 5,70 % do 13,95 % u SM. Iz rezultata je vidljivo kako se udio masti u sirovim mišićima nije statistički značajno razlikovao ($p > 0,05$), dok su tijekom cijelog procesa proizvodnje dimljenog pršuta u SM određeni statistički značajno ($p < 0,05$) veći udjeli ukupnih masti. Faza sušenja značajno ($p < 0,05$) je utjecala na porast udjela ukupne masti u oba mišića, uz izraženiji porast u mišiću SM. Intenzivniji porast udjela masti u BF određen tek nakon većeg gubitka vode nakon završne faze proizvodnje (zrenja).

Možemo pretpostaviti kako su veći konačni udjeli masti u SM posljedica vanjske lokacije mišića SM, zbog čega je tijekom proizvodnje došlo do većeg isušivanja i porasta udjela suhe tvari u tom mišiću. Dobiveni rezultati razlikuju se od rezultata studije na Celta pršutu (Bermúdez i sur., 2014.) u kojoj je određen veći udio masti u mišiću BF tijekom proizvodnje pršuta, no u skladu su s rezultatima istraživanja Pugliese i sur. (2015.) na Kraškom pršutu starosti 12 mjeseci i Andronikova i sur. (2013.) na Kraškom pršutu s niskim sadržajem soli u kojima je također određen veći udio masti u mišiću SM u odnosu na



Slika 1. Udio masti (% suhe tvari) u mišićima BF i SM tijekom pet faza proizvodnje dimljenoga pršuta (srednja vrijednost \pm standardna pogreška).

Figure 2 Fat content (% of total fat) in BF and SM muscles during the 5 stages of smoked dry-cured ham processing (mean \pm standard error)

*Prikazane vrijednosti predstavljaju srednje vrijednosti rezultata svih analiziranih uzoraka mišića BF i SM ($n=10$) (analiziranih u triplikatu) nakon svake faze proizvodnje. BF- Biceps femoris, SM- Semimembranosus. Različita slova (a, b, c) označavaju statistički značajnu razliku između faza proizvodnje ($p<0,05$); različite brojke (1,2) označavaju statistički značajnu razliku između mišića u istoj fazi proizvodnje ($p<0,05$) / The values shown represent the mean values of the results of all analysed BF and SM muscle samples ($n=10$) (performed in triplicate) after each production phase. BF- Biceps femoris, SM- Semimembranosus. Different letters (a, b, c) indicate a statistically significant difference between the stages of production ($p<0,05$); different numbers (1,2) indicate a statistically significant difference between muscles in the same production stage ($p<0,05$).

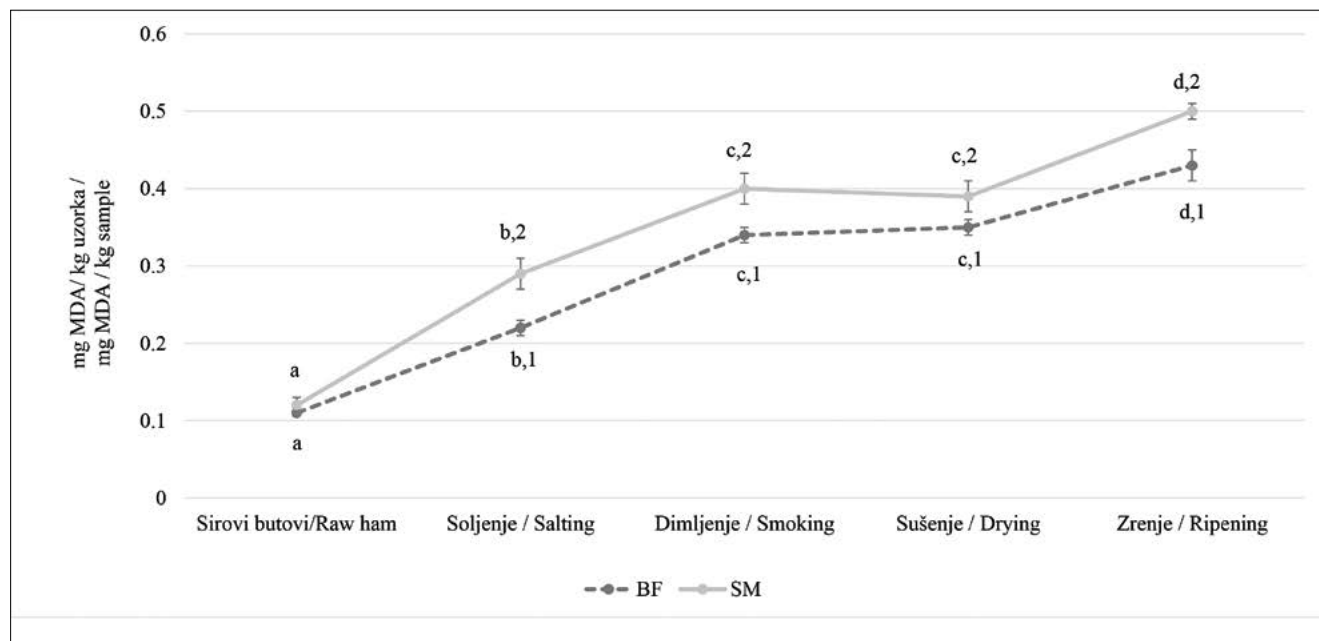
BF. Veći udjeli masti u BF dobiveni u nekim istraživanjima mogu biti posljedica razlika u postupku uzorkovanja (Pugliese i sur., 2015.). Udjeli masti u BF i SM gotovog pršuta određeni u ovom istraživanju veći su od onih određenih u BF i SM Celta pršuta (Bermúdez i sur., 2014.) i raznih vrsta španjolskih pršuta (Jiménez-Colmenero i sur., 2010.) te usporedivi s onima određenima na BF Celta pršuta proizvedenog od križanca Celta pasmine s Durokom i Landrasom (Bermúdez i sur., 2017.) i Kraškog pršuta nakon 16 mjeseci proizvodnje (Pugliese i sur., 2015.).

Utjecaj tehnološkog procesa na oksidaciju masti u dimljenom pršutu

Na slici 2. prikazani su rezultati određivanja stupnja oksidacije masti TBARS testom u dva mišića tijekom pet faza proizvodnje dimljenog pršuta. Stupanj oksidacije masti statistički je značajno ($p<0,05$) porastao tijekom proizvodnje od početnih 0,11 do 0,43 mg MDA/kg u BF i od 0,12 do 0,50 mg MDA/kg u SM. Intenzivan porast oksidacije masti

određen je nakon faze soljenja u oba mišića, što se može pripisati dodatku soli koja predstavlja snažan prooksidans. Mnogim znanstvenim istraživanjima određen je visok stupanj korelacije između dodatka NaCl-a i oksidacije masti (Harkouss i sur., 2015.; Huang i sur., 2014.), a utvrđeno je kako na porast stupnja oksidacije masti u mesnim proizvodima utječe dodatak NaCl-a već u koncentracijama nižim od 4 % (Harkouss i sur., 2015.; Jin i sur., 2012.).

Nakon faze dimljenja vrijednosti TBARS testa nisu se značajno mijenjale ($p>0,05$) u istraživanim mišićima sve do faze zrenja. Možemo pretpostaviti kako je faza dimljenja usporila porast stupnja oksidacije masti, budući da fenolni spojevi prisutni u dimu, osim što doprinose specifičnom okusu i boji dimljenih mesnih proizvoda, djeluju antioksidativno i antimikrobno (Bhuyan i sur., 2018.; Gómez i sur., 2020.). Tijekom cijelog procesa proizvodnje, kao i u gotovom dimljenom pršutu, određene su statistički značajno ($p<0,05$) veće vrijednosti TBARS testa u mišiću SM, što se može



Slika 2. Stupanj oksidacije masti (mg MDA/ kg uzorka) u mišićima BF i SM tijekom pet faza proizvodnje dimljenoga pršuta (srednja vrijednost \pm standardna pogreška).

Figure 2 Evolution of lipid oxidation (mg MDA/ kg sample) in BF and SM muscles during the 5 stages of smoked dry-cured ham processing (mean \pm standard error)

*Prikazane vrijednosti predstavljaju srednje vrijednosti rezultata svih analiziranih uzoraka mišića BF i SM ($n=10$) (analiziranih u triplicatu) nakon svake faze proizvodnje. BF- Biceps femoris, SM- Semimembranosus, MDA-malondialdehid. Različita slova (a,b,c,d) označavaju statistički značajnu razliku između faza proizvodnje ($p<0,05$); različite brojke (1,2) označavaju statistički značajnu razliku između mišića u istoj fazi proizvodnje ($p<0,05$) / The values shown represent the mean values of the results of all analysed BF and SM muscle samples ($n = 10$) (performed in triplicate) after each production phase. BF- Biceps femoris, SM- Semimembranosus, MDA-malondialdehyde. Different letters (a, b, c) indicate a statistically significant difference between the stages of production ($p<0.05$); different numbers (1,2) indicate a statistically significant difference between muscles in the same production stage ($p<0.05$)

pripisati većoj izloženosti tog mišića kisiku i soli zbog njegove eksterne lokacije u butu tijekom proizvodnje pršuta (Bermúdez i sur., 2014). Više vrijednosti TBARS testa u mišiću SM u odnosu na BF određene su i tijekom 12 mjeseci proizvodnje Parma pršuta (Koutina i sur., 2012)., iako autori nisu odredili značajne ($p<0,05$) razlike u vrijednostima TBARS između dva mišića na kraju proizvodnje. Dobivene vrijednosti TBARS testa u mišićima BF i SM gotovog dimljenog pršuta usporedive su s onima dobivenima na Bayonne pršutu ($\sim 0,5$ mg MDA/kg uzorka) (Harkouss i sur., 2015.) te niže od onih dobivenih na Parma (~ 1 mg MDA/kg uzorka) (Koutina i sur., 2012.) i Celta pršutu (BF ~ 2 mg MDA/kg uzorka i SM $\sim 1,3$ mg MDA/kg uzorka) (Bermúdez i sur., 2014.).

Utjecaj tehnološkog procesa na sastav masnih kiselina u dimljenom pršutu

U tablici 1. prikazani su rezultati određivanja sastava masnih kiselina (% od ukupne masti)

u mišićima BF i SM tijekom pet faza proizvodnje dimljenoga pršuta (srednja vrijednost \pm standardna pogreška). Sastav masnih kiselina u sirovim mišićima buta nije se statistički značajno razlikovao ($p>0,05$) u udjelu većine masnih kiselina, osim u udjelu trikozanoične kiseline (C23:0) čiji je statistički značajno veći udio ($p<0,05$) određen u mišiću SM. Najzastupljenije masne kiseline u oba mišića sirovog buta bile su oleinska (C18:1c), palmitinska (C16:0), stearinska (C18:0) i linolna (C18:2cn6). Profil masnih kiselina sirovih mišića u skladu je sa sastavom masnih kiselina sirovih butova određenima i u istraživanjima na Teruel (Larrea i sur., 2007.), španjolskom (Ripollés i sur., 2011.) i Xuanwei (Yang i sur., 2005.) pršutu. U istraživanju (Flores i sur., 2009.), sirovi but Iberijske svinje u najvećem udjelu je sadržavao linolnu (C18:2n6), palmitinsku (C16:0), oleinsku (C18:1) i arahidonsku (C20:4n6), što je vjerojatno posljedica genetskog porijekla te načina prehrane i uzgoja Iberijske svinje koji imaju izravan utjecaj na profil masnih kiselina (Jiménez-Colmenero i sur., 2010.).

Tablica 1. Sastav masnih kiselina (% od ukupne masti) u mišićima BF i SM tijekom pet faza proizvodnje dimljenoga pršuta (srednja vrijednost ± standardna pogreška)

Table 1 Fatty acid composition (% of total fat) in BF and SM muscles during the 5 stages of smoked dry-cured ham processing (mean ± standard error)

		Sirovi butovi / Raw ham	Soljenje / Salting	Dimljenje / Smoking	Sušenje /Drying	Zrenje / Ripening
C10:0	BF	0,14±0,01 ^{ab}	0,19±0,02 ^c	0,18±0,01 ^{bc}	0,15±0,00 ^{abc,1}	0,14±0,00 ^a
	SM	0,17±0,01 ^{ab}	0,20±0,02 ^b	0,20±0,01 ^b	0,17±0,01 ^{ab,2}	0,13±0,00 ^a
C12:0	BF	0,10±0,00 ^{ab}	0,14±0,02 ^c	0,13±0,00 ^{bc}	0,08±0,01 ^a	0,10±0,00 ^{ab}
	SM	0,11±0,01 ^a	0,14±0,02 ^b	0,14±0,01 ^b	0,12±0,02 ^{ab}	0,10±0,00 ^a
C14:0	BF	1,37±0,03 ^a	1,55±0,06 ^b	1,81±0,04 ^c	1,40±0,02 ^{ab,1}	1,46±0,04 ^{ab}
	SM	1,52±0,07 ^a	1,61±0,04 ^{ab}	1,74±0,03 ^b	1,59±0,03 ^{ab,2}	1,48±0,04 ^a
C16:0	BF	24,56±0,23	24,96±0,43	24,80±0,22	24,25±0,211	24,45±0,37
	SM	24,94±0,28	24,60±0,84	25,04±0,18	25,04±0,262	24,59±0,25
C16:1	BF	3,30±0,16 ^a	3,29±0,08 ^a	4,31±0,11 ^c	3,79±0,13 ^b	3,46±0,06 ^{ab}
	SM	3,51±0,16 ^a	3,44±0,09 ^a	4,16±0,11 ^b	3,91±0,11 ^{ab}	3,45±0,14 ^a
C17:0	BF	0,21±0,02 ^a	0,38±0,06 ^b	0,24±0,00 ^a	0,17±0,01 ^a	0,22±0,01 ^a
	SM	0,21±0,02 ^a	0,32±0,03 ^b	0,24±0,01 ^a	0,20±0,01 ^a	0,23±0,01 ^a
C17:1	BF	0,22±0,03 ^a	0,36±0,05 ^b	0,23±0,00 ^a	0,18±0,02 ^a	0,19±0,01 ^{a,1}
	SM	0,21±0,03 ^a	0,29±0,02 ^b	0,23±0,01 ^a	0,20±0,01 ^a	0,22±0,01 ^{a,2}
C18:0	BF	12,51±0,30 ^c	12,09±0,11 ^{bc,2}	10,49±0,12 ^a	12,07±0,34 ^{bc}	11,41±0,30 ^{ab}
	SM	12,01±0,35 ^b	11,50±0,23 ^{ab,1}	10,71±0,21 ^a	11,72±0,29 ^{ab}	11,20±0,29 ^{ab}
C18:1t	BF	0,29±0,02 ^{bc}	0,40±0,06 ^{c,2}	0,23±0,01 ^{ab,2}	0,22±0,01 ^{ab,2}	0,17±0,00 ^a
	SM	0,31±0,01 ^d	0,24±0,00 ^{c,1}	0,19±0,01 ^{bc,1}	0,09±0,03 ^{a,1}	0,16±0,00 ^{ab}
C18:1c	BF	47,87±0,34	48,23±0,572	47,88±0,04	48,95±0,402	47,72±0,87
	SM	46,80±0,67	46,20±0,391	47,02±0,28	47,01±0,571	46,19±0,51
C18:2tn6	BF	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,13±0,00 ^b
	SM	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,12±0,01 ^b
C18:2n6	BF	7,28±0,35 ^{ab}	7,69±0,30 ^{ab,1}	7,31±0,18 ^{ab,1}	6,96±0,34 ^a	8,24±0,52 ^{b,2}
	SM	7,51±0,52 ^a	8,91±0,38 ^{ab,2}	8,23±0,08 ^{ab,2}	7,85±0,39 ^a	9,84±0,47 ^{b,1}
C18:3n6	BF	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,09±0,00 ^b
	SM	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,08±0,00 ^b
C18:3n3	BF	0,28±0,01 ^{ab}	0,21±0,04 ^{a,1}	0,28±0,01 ^{ab,1}	0,27±0,02 ^{ab}	0,33±0,02 ^{b,1}
	SM	0,33±0,04 ^a	0,33±0,01 ^{a,2}	0,32±0,00 ^{a,2}	0,31±0,03 ^a	0,43±0,00 ^{b,2}
C20:0	BF	0,20±0,01 ^b	0,20±0,00 ^{b,2}	0,14±0,01 ^{a,2}	0,13±0,03 ^{a,2}	0,19±0,00 ^{ab,2}
	SM	0,16±0,02 ^b	0,14±0,02 ^{b,1}	0,03±0,02 ^{a,1}	0,04±0,02 ^{a,1}	0,17±0,01 ^{b,1}
C20:1	BF	0,71±0,02 ^{ab}	0,83±0,07 ^b	0,59±0,01 ^a	0,63±0,02 ^a	0,68±0,01 ^a
	SM	0,71±0,02 ^c	0,68±0,02 ^{bc}	0,57±0,01 ^a	0,61±0,03 ^{ab}	0,64±0,02 ^{bc}
C20:2	BF	0,37±0,02 ^{ab}	0,36±0,03 ^{ab,1}	0,36±0,02 ^{ab}	0,32±0,02 ^a	0,42±0,02 ^{b,1}
	SM	0,40±0,02 ^{ab}	0,44±0,02 ^{ab,2}	0,38±0,01 ^a	0,38±0,02 ^a	0,47±0,02 ^{b,2}
C20:3n6	BF	0,10±0,02 ^b	0,10±0,03 ^b	0,12±0,03 ^b	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a
	SM	0,06±0,02 ^{abc}	0,13±0,03 ^c	0,09±0,03 ^{bc}	0,02±0,02 ^{ab}	0,00±0,00 ^a
C20:4n6	BF	0,49±0,06 ^{ab}	0,33±0,06 ^{a,1}	0,60±0,08 ^b	0,42±0,02 ^{ab,1}	0,34±0,02 ^a
	SM	0,42±0,04 ^a	0,59±0,03 ^{b,2}	0,73±0,03 ^{bc}	0,76±0,08 ^{c,2}	0,35±0,01 ^a
C23:0	BF	0,01±0,01 ^{a,1}	0,07±0,03 ^{ab,1}	0,11±0,03 ^{b,1}	0,00±0,00 ^a	0,25±0,03 ^{c,2}
	SM	0,20±0,07 ^{b,2}	0,23±0,05 ^{b,2}	0,31±0,01 ^{b,2}	0,00±0,00 ^a	0,15±0,01 ^{ab,1}
SFA	BF	39,09±0,44	39,59±0,60	38,10±0,25	38,26±0,53	38,28±0,69

		Sirovi butovi / Raw ham	Soljenje / Salting	Dimljenje / Smoking	Sušenje /Drying	Zrenje / Ripening
	SM	39,32±0,33	38,73±0,32	38,10±0,33	38,87±0,48	38,10±0,41
MUFA	BF	52,39±0,40	53,11±0,702	53,23±0,112	53,77±0,502	52,17±0,91
	SM	51,54±0,69	50,87±0,401	52,16±0,381	51,41±0,661	50,45±0,57
PUFA	BF	8,52±0,43 ^{ab}	8,63±0,41 ^{ab,1}	8,67±0,31 ^{ab,1}	7,97±0,37 ^{a,1}	9,55±0,56 ^{b,1}
	SM	8,71±0,60 ^a	10,40±0,43 ^{ab,2}	9,74±0,14 ^{ab,2}	9,32±0,49 ^{a,2}	11,24±0,52 ^{b,2}
n6	BF	7,78±0,39 ^a	7,95±0,34 ^{a,1}	7,91±0,26 ^{a,1}	7,38±0,33 ^{a,1}	8,67±0,52 ^{b,1}
	SM	7,98±0,56 ^a	9,63±0,41 ^{ab,2}	9,05±0,13 ^{ab,2}	8,63±0,45 ^{ab,2}	10,23±0,48 ^{b,2}
n3	BF	0,28±0,01 ^{ab}	0,21±0,04 ^{a,1}	0,28±0,01 ^{ab,1}	0,27±0,02 ^{ab}	0,33±0,02 ^{b,1}
	SM	0,33±0,04 ^a	0,33±0,01 ^{a,2}	0,32±0,00a,3	0,31±0,03 ^a	0,43±0,03 ^{b,2}
n6/n3	BF	27,89±0,65	24,86±4,20	28,30±0,40	27,28±0,46	26,56±0,322
	SM	25,33±1,51 ^{ab}	29,35±0,47 ^c	28,46±0,37 ^{bc}	28,4±1,21 ^{bc}	24,09±0,37 ^{a,1}
MUFA/ PUFA	BF	6,31±0,36 ^{ab}	6,33±0,40 ^{ab,2}	6,21±0,23 ^{ab,2}	6,87±0,31 ^{b,2}	5,65±0,33 ^{a,2}
	SM	6,14±0,37 ^b	4,97±0,22 ^{a,1}	5,37±0,11a ^{b,1}	5,72±0,34 ^{ab,1}	4,60±0,28 ^{a,1}
PUFA/ SFA	BF	0,22±0,01 ^b	0,22±0,01 ^{b,1}	0,23±0,01 ^{b,1}	0,21±0,01 ^a	0,25±0,01 ^{b,1}
	SM	0,22±0,01 ^a	0,27±0,01 ^{ab,2}	0,26±0,01 ^{ab,2}	0,24±0,01 ^a	0,30±0,01 ^{b,2}

*Prikazane vrijednosti predstavljaju srednje vrijednosti rezultata svih analiziranih uzoraka mišića BF i SM (n=10) (analiziranih u triplicatu) nakon svake faze proizvodnje. BF- Biceps femoris, SM- Semimembranosus, SFA (engl. Saturated Fatty Acids)- zasićene masne kiseline, MUFA (engl. Monounsaturated Fatty Acids)- mononezasićene masne kiseline, PUFA (engl. Polyunsaturated Fatty Acids)- polinezasićene masne kiseline. Različita slova (a,b,c) u istom redu označavaju statistički značajnu razliku između faza proizvodnje ($p<0,05$); različite brojke (1,2) u istom stupcu označavaju statistički značajnu razliku između mišića u istoj fazi proizvodnje ($p<0,05$) / The values shown represent the mean values of the results of all analysed BF and SM muscle samples (n = 10) (performed in triplicate) after each production phase. BF- Biceps femoris, SM- Semimembranosus, SFA-Saturated Fatty Acids, MUFA- Monounsaturated Fatty Acids, PUFA- Polyunsaturated Fatty Acids. Different letters (a, b, c) in the same row indicate a statistically significant difference between the stages of production ($p < 0.05$); different numbers (1,2) in the same column indicate a statistically significant difference between muscles in the same production stage ($p < 0.05$)

Profil masnih kiselina statistički se značajno ($p<0,05$) mijenjao kroz proizvodni proces. Unatoč povećanju udjela većine SMK u prvim mjesecima proizvodnje, konačni udjeli većine SMK bili su bliski onima u sirovim mišićima, moguće zbog procesa oksidacije masnih kiselina koji je nastupio u kasnijim fazama proizvodnje (Toldrá, 2006.). Takav trend određen je i pri proizvodnji Xuanwei (Yang i sur., 2005.) i Teruel (Larrea i sur., 2007.) pršuta. Udjeli SMK u istraživanim mišićima statistički su se značajno ($p<0,05$) mijenjali tijekom proizvodnje, a najintenzivnije promjene određene su u udjelu linoelaidične (C18:2tn6) i linolne (C18:2cn6) masne kiseline kod kojih je određeno značajno ($p<0,05$) povećanje tijekom proizvodnje, dok su se udjeli eikozatrienske (C20:3n6) i elaidične (C18:1t) tijekom proizvodnje statistički značajno ($p<0,05$) smanjili. Drugi autori također su zabilježili promjene udjela SMK tijekom proizvodnje pršuta (Flores i sur., 2009.; Larrea i sur., 2007.) i srodnih suhome-snatih proizvoda (Lorenzo i sur., 2013.; Lorenzo i sur., 2008.). Općenito, najveći porast udjela masnih kiselina u ovom istraživanju zabilježen je nakon

faza soljenja i dimljenja. Flores i sur. (2009.) su u istraživanju na Iberijskom pršutu pokazali kako glavni lipolitički enzimi ostaju stabilni tijekom faze soljenja i u fazi post-soljenja (otprilike 2-3 mjeseca nakon soljenja). Antequera i sur. (1992) su pratili tijek lipolize tijekom proizvodnje Iberijskog pršuta i odredili faze soljenja i sušenja kao faze u kojima se odvija najintenzivnija lipoliza, dok je pri proizvodnji Teruel pršuta najintenzivnija lipoliza određena nakon faze soljenja i post-soljenja (Larrea i sur., 2007.).

Na kraju proizvodnog procesa u trajanju od 12 mjeseci, najzastupljenije masne kiseline u istraživanim mišićima bile su oleinska (C18:1c), palmitinska (C16:0), stearinska (C18:0) i linolna (C18:2cn6). Najveća zastupljenost navedenih SMK u gotovom dimljenom pršutu rezultat je njihove najveće početne koncentracije u svježem butu te njihove otpornosti na oksidaciju (Jiménez-Colmenero i sur., 2010.) i predstavlja sastav tipičan za proizvo-de od svinjskog mesa (Pleadin i sur., 2015.). U raznim vrstama španjolskih pršuta proizvedenih od bijelih i crnih pasmina svinja, oleinska (C18:1c), palmitinska (C16:0) i stearinska (C18:0) su također određene

ne kao najzastupljenije masne kiseline (Bermúdez i sur., 2012.; Fernández i sur., 2007.; Larrea i sur., 2007.; Ruiz-Carrascal i sur., 2000.; Timón i sur., 2001.). U navedenim istraživanjima pršuti proizvedeni od Iberijske svinje sadržavali su znatno više udjele oleinske (C18:1c) masne kiseline od onih određeni u ovom istraživanju, što je posljedica prehrane Iberijskih svinja koja je bazirana na žiru koji u svojem sastavu sadrže visoke koncentracije oleinske kiseline (Ruiz-Carrascal i sur., 2000.).

Profil masnih kiselina dimljenog pršuta nakon faze zrenja usporediv je s profilima masnih kiselina Istarskog i Dalmatinskog pršuta (Karolyi, 2006.; Marušić i sur., 2013.; Pleadin i sur., 2015.). Na kraju proizvodnje, profili masnih kiselina u istraživanim mišićima značajno ($p < 0,05$) su se razlikovali samo u udjelu pojedinih SMK. Mišić SM je sadržavao statistički značajno ($p < 0,05$) veći udio cis-10-heptadekanske (C17:1), -linolenske linolne (C18:3n3) i eikozadienske (C20:2) kiseline, dok su u BF određeni veći udjeli linolne (C18:2cn6), arahidske (C20:0) i trikozanoične (C23:0) kiseline. U istraživanju Pugliese i sur. (2015.) na Kraškom pršutu starosti 12 mjeseci, u mišiću SM određeni su značajno veći udjeli većine SMK u odnosu na mišić BF, što je prema Antequera i sur. (1992.) posljedica nižih pH vrijednosti u mišiću SM, a time i intenzivnije aktivnosti kiselih mišićnih lipaza i lipolitičkih *Micrococcaceae* i kvasaca.

Općenito, masti bijelih pasmina svinja sastavljene su prosječno od 35-40 % SFA, 45-50% MUFA i 10-15% PUFA, dok mesni proizvodni proizvedeni od Iberijskih svinja imaju veći udio MUFA (54-58 %), niži udio SFA (30-35%) i PUFA (8-12%), zbog, kako je ranije navedeno, načina prehrane i uzgoja svinja (Jiménez-Colmenero i sur., 2010.). U ovom istraživanju, određeni su udjeli SFA, MUFA i PUFA u mišićima BF i SM kroz pet faza proizvodnje. Udjeli SFA i MUFA nisu se značajno ($p > 0,05$) mijenjali tijekom proizvodnje, dok je kod udjela PUFA došlo do povećanja ($p < 0,05$) udjela u oba mišića, posebno nakon faze zrenja. Konačan sastav SFA, MUFA i PUFA u dimljenom pršutu usporediv je sa sastavom Dalmatinskih i Istarskih pršuta (Marušić i sur., 2013.), pršuta proizvedenih od križanca bijelih pasmina svinja Durok x (Jorkšir x Landras) (Marušić i sur., 2019) i Teruel pršuta (Fernández i sur., 2007.; Larrea i sur., 2007.).

Omjeri MUFA/PUFA u istraživanim mišićima statistički su se značajno ($p < 0,05$) mijenjali tijekom proizvodnje, a tijekom cijelog procesa proizvodnje određeni su statistički značajno veći ($p < 0,05$) omje-

ri MUFA/PUFA u mišiću BF. Vrijednosti MUFA/PUFA u pršutu nakon 12 mjeseci proizvodnje u BF i SM niže su od vrijednosti izmjerenih na Istarskom i Dalmatinskom pršutu (Marušić i sur., 2013.) i onih izmjerenih na pršutima od tropasminskog križanca i Crne slavonske svinje (Marušić i sur., 2019.).

Omjeri PUFA/SFA i n-6/n-3 predstavljaju glavne parametre za procjenu nutritivne kvalitete masti. Prema preporukama, minimalna vrijednost omjera PUFA/SFA je 0,4, dok maksimalna preporučena vrijednost omjera n-6/n-3 iznosi 4. Ipak, omjeri n-6/n-3 u pršutu daleko su iznad preporučenih te obično iznose oko 15-20 (Jiménez-Colmenero i sur., 2010.; Simopoulos, 2002.). Vrlo visoke vrijednosti omjera PUFA/SFA karakteristične su posebno za pršute proizvedene od bijelih pasmina svinja, poput Parma i Serrano pršuta (Jiménez-Colmenero i sur., 2010.). Omjeri PUFA/SFA u istraživanim mišićima statistički su se mijenjali ($p < 0,05$) tijekom proizvodnje, s maksimalnim vrijednostima izmjerenima nakon faze zrenja te uz statistički značajno ($p < 0,05$) veće konačne vrijednosti omjera PUFA/SFA u mišiću SM. Konačni omjeri PUFA/SFA u oba mišića ispod su preporučenih vrijednosti (Jiménez-Colmenero i sur., 2010.). Dobivene vrijednosti PUFA/SFA više su od onih izmjerenih u istraživanju Pleadin i sur. (2015.) za Istarski (0,21) i Dalmatinski (0,17) pršut i niže od vrijednosti za španjolske vrste pršuta poput Serrano (0,30) i Iberijskog (0,31) (Jiménez-Colmenero i sur., 2010.; Ventanas i sur., 2007.).

Udjeli n-6 i n-3 masnih kiselina statistički su se značajno ($p < 0,05$) mijenjali kroz proces u oba mišića. U gotovom dimljenom pršutu, određeni su veći ($p < 0,05$) udjeli n-6 i n-3 masnih kiselina u mišiću SM. Omjeri n-6/n-3 u konačnom proizvodu (26,56 u BF i 24,09 u SM) iznad su preporučenih vrijednosti (Jiménez-Colmenero i sur., 2010.). Dobivene vrijednosti usporedive su s onima određenima u pršutu proizvedenom od svinje tropasminskog križanca (Marušić i sur., 2019.) te više onih izmjerenih na BF Dalmatinskog i Istarskog pršuta (Marušić i sur., 2013.) i raznih vrsta španjolskih pršuta (Bermúdez i sur., 2012.; Fernández i sur., 2007.; Petrón i sur., 2004.). Utvrđeno je kako udjeli SFA, MUFA, n-6 i n-3, kao i njihovi omjeri, mogu značajno varirati ovisno o sezoni proizvodnje, što su pokazali Pleadin i sur. (2015.) u istraživanju sezonskih varijacija u sastavu masnih kiselina Istarskog i Dalmatinskog pršuta tijekom trogodišnjeg razdoblja.

ZAKLJUČAK

Udio masti se tijekom proizvodnje značajno ($p < 0,05$) povećavao u oba mišića te je na kraju proizvodnje dimljenog pršuta određen statistički značajno veći udio masti u mišiću SM u odnosu na BF.

Intenzitet oksidacije masti značajno ($p < 0,05$) se povećavao tijekom proizvodnje u oba mišića. Tijekom cijelog procesa proizvodnje dimljenog pršuta određen je intenzivniji tijek oksidacije masti u mišiću SM, što se može pripisati eksternoj lokaciji tog mišića te većoj izloženosti kisiku i prooksidativnom efektu soli. Određene konstantne vrijednosti stupnja oksidacije masti ($p > 0,05$) nakon faze dimljenja do faze zrenja u oba mišića upućuju na antioksidativni efekt dima.

Tijekom proizvodnje dimljenog pršuta, mišići BF i SM imali su sličan profil masnih kiselina, a udjeli većine individualnih SMK značajno su se mijenjali ($p < 0,05$) tijekom proizvodnje. Značajnije razlike ($p < 0,05$) između dva mišića gotovog dimljenog pršuta određene su samo u udjelu nekoliko individualnih SMK. Na kraju proizvodnje u trajanju od 12 mjeseci, u mišićima su u najvećem udjelu određene oleinska (C18:1c), palmitinska (C16:0), stearinska (C18:0), linolna (C18:2cn6) i

miristinska (C14:0) kiselina. Mišići BF i SM dimljenog pršuta nakon faze zrenja imali su sličan sastav masnih kiselina, a njihov konačan sastav predstavlja sastav masnih kiselina tipičan za proizvode od svinjskog mesa.

S obzirom da se tijekom tehnološkog procesa proizvodnje dimljenog pršuta odvijaju promjene na mastima koje su od velike važnosti za kvalitetu gotovog proizvoda, buduća istraživanja bit će usmjerena na istraživanje učinka faze produljenog zrenja (dodatnih 6 mjeseci zrenja) na lipolitičke promjene u mišićima BF i SM te njihov utjecaj na senzorska svojstva dimljenog pršuta.

ZAHVALA

Istraživanje je financirano iz sredstava projekta Hrvatske zaklade za znanost: "Primjena inovativnih metoda u praćenju proteolitičkih, lipolitičkih i oksidativnih procesa tijekom proizvodnje pršuta, IM – HQHAM" (IP-2016-06-6793). Rad Ivana Poljanec financiran je iz „Projekta razvoja karijera mladih istraživača – izobrazba novih doktora znanosti“ (DOK-01-2018) Hrvatske zaklade za znanost koji je financirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.

Literatura

- [1] Andres, A. I., R. Cava, D. Martin, J. Ventanas, J. Ruiz (2005): Lipolysis in dry-cured ham: Influence of salt content and processing conditions. *Food Chem* 90(4), 523–533.
- [2] Andronikov, D., L. Gašperlin, T. Polak, B. Žlender (2013): Texture and quality parameters of slovenian dry-cured ham Kraški pršut according to mass and salt levels. *Food Technol Biotechnol* 51(1), 112–122.
- [3] Antequera, T., C. J. López-Bote, J. J. Córdoba, C. García, M. A. Asensio, J. Ventanas, I. Díaz (1992): Lipid oxidative changes in the processing of Iberian pig hams. *Food Chem* 45(2), 105–110.
- [4] Bermúdez, R., R. Domínguez, M. Pateiro, D. Franco, J. Carballo, J. M. Lorenzo (2018): Physicochemical changes of semimembranosus muscle during the processing of dry-cured ham from Celta pig. Effect of crossbreeding with Duroc and Landrace genotypes. *Anim Prod Sci* 58(10), 1958–1965.
- [5] Bermúdez, R., D. Franco, J. Carballo, J. M. Lorenzo (2014): Physicochemical changes during manufacture and final sensory characteristics of dry-cured Celta ham. Effect of muscle type. *Food Control* 43, 263–269.
- [6] Bermúdez, R., I. Franco, D. Franco, J. Carballo, J. M. Lorenzo (2012): Influence of inclusion of chestnut in the finishing diet on fatty acid profile of dry-cured ham from Celta pig breed. *Meat Sci* 92(4), 394–399.
- [7] Bermúdez, R., D. Franco, J. Carballo, J. M. Lorenzo (2017): Sensory properties and physico-chemical changes in the biceps femoris muscle during processing of dry-cured ham from celta pigs. Effects of cross-breeding with duroc and landrace pigs. *Ital J Food Sci* 29(1), 123–137.
- [8] Bhuyan, D., A. Das, S. K. Laskar, D. P. Bora, S. Tamuli, M. Hazarika (2018): Effect of different smoking methods on the quality of pork sausages. *Vet World* 11(12), 1712–1719.
- [9] Bruna, J. M., J. A. Ordóñez, M. Fernández, B. Herranz, L. de la Hoz (2001): Microbial and physico-chemical changes during the ripening of dry fermented sausages superficially inoculated with or having added an intracellular cell-free extract of *Penicillium aurantiogriseum*. *Meat Sci* 59(1), 87–96.
- [10] Čandek-Potokar, M., M. Škrlep (2012): Factors in pig production that impact the quality of dry-cured ham: A review. *Animal* 6(2), 327–338.
- [11] Díaz-Caro, C., S. García-Torres, A. Elghannam, D. Tejerina, F. J. Mesias, A. Ortiz (2019): Is production system a relevant attribute in consumers' food preferences? The case of Iberian dry-cured ham in Spain. *Meat Sci* 158, 107908.
- [12] EN ISO 12966-2:2017: Animal and vegetable fats and oils - Gas chromatography of fatty acid methyl esters - Part 2: Preparation of methyl

esters of fatty acids.

- [13] Fernández, M., J. A. Ordóñez, I. Cambero, C. Santos, C. Pin, L. de la Hoz (2007): Fatty acid compositions of selected varieties of Spanish dry ham related to their nutritional implications. *Food Chem* 101(1), 107–112.
- [14] Flores, M., M. C. Aristoy, T. Antequera, J. M. Barat, F. Toldrá (2009): Effect of prefreezing hams on endogenous enzyme activity during the processing of Iberian dry-cured hams. *Meat Sci* 82(2), 241–246.
- [15] Gandemer, G. (2002): Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. *Meat Sci* 62(3), 309–321.
- [16] Gilles, G. (2009): Dry cured ham quality as related to lipid quality of raw material and lipid changes during processing: A review. *Grasas Aceites* 60(3), 297–307.
- [17] Gómez, I., R. Janardhanan, F. C. Ibañez, M. J. Beriain (2020): The effects of processing and preservation technologies on meat quality: Sensory and nutritional aspects. *Foods* 9(10), 1–30.
- [18] Harkouss, R., T. Astruc, A. Lebert, P. Gatellier, O. Loison, H. Safa, P. S. Mirade (2015): Quantitative study of the relationships among proteolysis, lipid oxidation, structure and texture throughout the dry-cured ham process. *Food Chem* 166, 522–530.
- [19] HRN ISO 1443:1999: Meso i mesni proizvodi-Određivanje količine ukupne masti.
- [20] Huang, Y., H. Li, T. Huang, F. Li, J. Sun (2014): Lipolysis and lipid oxidation during processing of Chinese traditional smoke-cured bacon. *Food Chem* 149, 31–39.
- [21] Jiménez-Colmenero, F., J. Ventanas, F. Toldrá (2010): Nutritional composition of dry-cured ham and its role in a healthy diet. *Meat Sci* 84(4), 585–593.
- [22] Jin, G., L. He, J. Zhang, X. Yu, J. Wang, F. Huang (2012): Effects of temperature and NaCl percentage on lipid oxidation in pork muscle and exploration of the controlling method using response surface methodology (RSM). *Food Chem* 131(3), 817–825.
- [23] Karolyi, D. (2006): Chemical properties and quality of istrian dry-cured ham. *Meso* 8(4), 224–228.
- [24] Koutina, G., S. Jongberg, L. H. Skibsted (2012): Protein and lipid oxidation in Parma ham during production. *J Agric Food Chem* 60(38), 9737–9745.
- [25] Larrea, V., I. Pérez-Munuera, I. Hernando, A. Quiles, M. A. Lluch (2007): Chemical and structural changes in lipids during the ripening of Teruel dry-cured ham. *Food Chem* 102(2), 494–503.
- [26] Li, C., L. Mora, M. Gallego, M. C. Aristoy, F. Toldrá (2020): Evaluation of main post-translational modifications occurring in naturally generated peptides during the ripening of Spanish dry-cured ham. *Food Chem* 332, 127388.
- [27] Lorenzo, J. M. (2014): Changes on physico-chemical, textural, lipolysis and volatile compounds during the manufacture of dry-cured foal “cecina.” *Meat Sci* 96(1), 256–263.
- [28] Lorenzo, J. M., R. Bermúdez, D. Franco (2013): Lipolysis, proteolysis and physico-chemical modifications during ripening of dry-cured duck breast. *Eur Food Res Technol* 236(3), 405–417.
- [29] Lorenzo, J. M., M. C. García Fontán, I. Franco, J. Carballo (2008): Proteolytic and lipolytic modifications during the manufacture of dry-cured lacón, a Spanish traditional meat product: Effect of some additives. *Food Chem* 110(1), 137–149.
- [30] Marušić Radovčić, N., H. Planinčić, H. Medić (2018): Usporedba dviju metoda za određivanje udjela masti i sastav masnih kiselina u trajnim mesnim proizvodima s hrvatskog tržišta. *Meso* 20(4), 308–316.
- [31] Marušić Radovčić, N., I. Poljanec, P. Vidinski, K. Novina, H. Medić (2019): Influence of different pig genotype on aroma, colour and fatty acid composition of smoked dry-cured ham. *Meso* 21(6), 548–561.
- [32] Marušić, N., S. Vidaček, T. Jančić, T. Petrak, H. Medić, M. Petrović (2013): Fat content and fatty acid composition in Istrian and Dalmatian dry-cured ham. *Meso* 15(4), 307–313.
- [33] Motilva, M. J., F. Toldrá, P. Nieto, J. Flores (1993): Muscle lipolysis phenomena in the processing of dry-cured ham. *Food Chem* 48(2), 121–125.
- [34] Petró, M. J., E. Muriel, M. L. Timón, L. Martín, T. Antequera (2004): Fatty acids and triacylglycerols profiles from different types of Iberian dry-cured hams. *Meat Sci* 68(1), 71–77.
- [35] Petrović, M., N. Kezić, V. Bolanča (2010): Optimization of the GC method for routine analysis of the fatty acid profile in several food samples. *Food Chem* 122(1), 285–291.
- [36] Pleadin, J., N. Vahčić, I. Raspoivić, D. Malenica Staver, P. Krešić, T. Bogdanović, D. Kovačević (2015): Sezonske varijacije u sastavu masnih kiselina Istarskog i Dalmatinskog pršuta. *Meso* 17(5), 428–434.
- [37] Pugliese, C., F. Sirtori, M. Škrlep, E. Piasentier, L. Calamai, O. Franci, M. Čandek-Potokar (2015): The effect of ripening time on the chemical, textural, volatile and sensorial traits of Bicep femoris and Semimembranosus muscles of the Slovenian dry-cured ham Kraški pršut. *Meat Sci* 100, 58–68.
- [38] Ripollés, S., P. C. B. Campagnol, M. Armenteros, M. C. Aristoy, F. Toldrá (2011): Influence of partial replacement of NaCl with KCl, CaCl₂ and MgCl₂ on lipolysis and lipid oxidation in dry-cured ham. *Meat Sci* 89(1), 58–64.
- [39] Ruiz-Carrascal, J., J. Ventanas, R. Cava, A. I. Andrés, C. García (2000): Texture and appearance of dry cured ham as affected by fat content and fatty acid composition. *Food Res Int* 33(2), 91–95.
- [40] Simopoulos, A. P. (2002): The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed Pharmacother* 56(8), 365–379.
- [41] Timón, M. L., J. Ventanas, A. I. Carrapiso, A. Jurado, C. García (2001): Subcutaneous and intermuscular fat characterisation of dry-cured Iberian hams. *Meat Sci* 58(1), 85–91.
- [42] Toldrá, F. (1998): Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry-cured meat products. *Meat Sci* 49, 101–110.
- [43] Toldrá, F. (2006): The role of muscle enzymes in dry-cured meat products with different drying conditions. *Trends in Food Sci Technol* 17(4), 164–168.
- [44] Ventanas, S., J. Ventanas, J. Tovar, C. García, M. Estévez (2007): Extensive feeding versus oleic acid and tocopherol enriched mixed diets for the production of Iberian dry-cured hams: Effect on chemical composition, oxidative status and sensory traits. *Meat Sci*, 77(2), 246–256.
- [45] Yang, H., C. Ma, F. Qiao, Y. Song, M. Du (2005): Lipolysis in intramuscular lipids during processing of traditional Xuanwei ham. *Meat Sci* 71(4), 670–675.

The effect of technological process of production on the content of fat, the composition of fatty acids and the degree of fat oxidation in the smoked prosciutto

Abstract

The aim of this study was to investigate lipolysis and lipid oxidation in smoked dry-cured ham during the 12-month production period. The study was performed on the Biceps femoris (BF) and Semimembranosus (SM) muscles at 5 different production stages (raw ham, after salting, after smoking, after drying, after ripening). Analysis of total fat content were performed by Soxhlet method, free fatty acid composition (FFA) by gas chromatography and degree of fat oxidation by thiobarbituric acid test (TBARS test). The total fat content in both muscles increased after the drying stage, with significantly higher ($p < 0.05$) values in SM during processing. Lipid oxidation increased progressively in both muscles during the production, although with greater intensity in SM. The FFA profiles of the studied muscles changed significantly ($p < 0.05$) during processing. At the end of processing, BF and SM showed similar FFA profiles and contained 38.28 and 38.10 % SFA, 52.17 and 50.45 % MUFA, and 9.55 and 11.24 % PUFA, respectively. At the end of processing, a significantly ($p < 0.05$) higher proportion of fat and a higher degree of fat oxidation were found in the SM muscle compared to the BF muscle of smoked dry-cured ham.

Key words: smoked dry-cured ham, fat content, fatty acid profile, TBARS test

Einfluss des technologischen Herstellungsprozesses auf den Fettgehalt, die Zusammensetzung der Fettsäuren und den Grad der Fettoxidation im geräucherten Rohschinken

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Studie war es, den Fettanteil, die Zusammensetzung der Fettsäuren und den Grad der Fettoxidation in geräuchertem Rohschinken während der 12-monatigen Produktionszeit zu untersuchen. Die Studie wurde an den Muskeln Biceps femoris (BF) und Semimembranosus (SM) in 5 verschiedenen Produktionsstadien (Rohschinken, nach dem Salzen, nach dem Räuchern, nach dem Trocknen, nach der Reifung) durchgeführt. Die Analysen des Gesamtfettgehalts wurden mit der Soxhlet-Methode, die Zusammensetzung der freien Fettsäuren (FFA) mit der Gaschromatographie und der Grad der Fettoxidation mit dem Thiobarbitursäure-Test (TBARS-Test) durchgeführt. Der Gesamtfettgehalt in beiden Muskeln stieg nach der Trocknungsphase an, mit signifikant höheren ($p < 0,05$) Werten im SM-Muskel während der Verarbeitung. Die Lipidoxidation nahm in beiden Muskeln während der Verarbeitung progressiv zu, wenn auch mit größerer Intensität in SM. Die Fettsäureprofile der untersuchten Muskeln veränderten sich während der Verarbeitung signifikant ($p < 0,05$). Am Ende der Verarbeitung zeigten BF und SM ähnliche Fettsäureprofile und enthielten 38,28 und 38,10 % SFA, 52,17 und 50,45 % MUFA und 9,55 und 11,24 % PUFA. Am Ende der Verarbeitung wurden ein signifikant ($p < 0,05$) höherer Fettanteil und ein höherer Grad der Fettoxidation im SM-Muskel im Vergleich zum BF-Muskel des geräucherten Rohschinkens festgestellt.

Schlüsselwörter: Geräucherter Rohschinken, Fettgehalt, Fettsäureprofil, TBARS-Test

Influencia del proceso tecnológico de producción en el contenido de grasas, la composición química de ácidos grasos y el grado de oxidación de grasas en el jamón ahumado

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar el contenido de grasa, la composición química de ácidos grasos y el grado de oxidación en el jamón ahumado durante los 12 meses de la producción. La investigación fue realizada en las muestras de dos músculos, Bíceps femoral (BF) y Semimembranoso (SM), después de cada una de las 5 etapas del proceso de producción (muslo crudo, después de la salazón, después del ahumado, después del secado y después de la maduración). Fue realizado el análisis del contenido total de grasa por el método de Soxhlet, la composición química de ácidos grasos libres (AGL) por cromatografía de gases y el grado de oxidación de grasas mediante la prueba del ácido tiobarbitúrico (prueba del TBARS). El contenido de grasa total aumentó después de la fase del secado en ambos músculos. Fueron determinadas las proporciones estadísticamente más significativas ($p < 0,05$) de grasa total en el músculo SM durante todo el proceso de la producción del jamón. Fue determinado un aumento en el grado de oxidación de grasas a lo largo del proceso en ambos músculos y fue determinado un curso más intenso de oxidación de grasas en el músculo SM. Los músculos BF y SM del jamón final tenían una composición química de ácidos grasos similar y contenían 38,10-38,28 % SFA, 50,45-52,17 % MUFA i 9,55-11,24 % PUFA. Al final de la producción fue determinada una mayor proporción de contenido de grasas estadísticamente significativa ($p < 0,05$) y un mayor grado de oxidación de grasa en el músculo SM en comparación con el músculo BF del jamón ahumado.

Palabras claves: jamón ahumado, contenido de grasa, composición química de ácidos grasos, prueba del TBARS

Effetto del processo di produzione tecnologica sul tenore di grassi, sulla composizione in acidi grassi e sul grado di ossidazione di grassi del prosciutto affumicato

Riassunto

Il presente lavoro di ricerca è stato elaborato con lo scopo di determinare il tenore di grassi, la composizione in acidi grassi e il grado di ossidazione di grassi del prosciutto affumicato nel corso di un periodo di 12 mesi durante la produzione. La ricerca è stata eseguita sui campioni presi dai due muscoli del prosciutto, Biceps femoris (BF) e Semimembranosus (SM), dopo il completamento di ciascuna delle 5 fasi del processo produttivo (coscia cruda, dopo la fase di salatura, dopo la fase di affumicatura, dopo la fase di essiccazione e dopo la fase di stagionatura). Le analisi del tenore totale di grassi sono state effettuate con il metodo Soxhlet, della composizione di acidi grassi liberi (croato: SMK/ingl: FFA) mediante la gas-cromatografia e del grado di ossidazione di grassi mediante il test delle sostanze reattive all'acido tiobarbiturico (TBARS). La percentuale dei grassi totali in entrambi i muscoli è aumentata dopo la fase di essiccazione. Dal punto di vista statistico, nel muscolo SM sono stati determinati i valori del tenore totale di grassi significativamente più alti ($p < 0,05$) durante l'intero processo produttivo del prosciutto. I profili degli acidi grassi liberi (FFA) nei muscoli esaminati sono cambiati significativamente ($p < 0,05$) durante la produzione. Un aumento nel grado di ossidazione dei grassi è stato determinato durante l'intero processo in entrambi i muscoli, con un corso più intenso di ossidazione dei grassi è stato determinato nel muscolo SM. I muscoli BF e SM del prosciutto finito hanno dimostrato una simile composizione di acidi grassi, con un contenuto di 38,10-38,28% SFA, 50,45-52,17% MUFA e 9,55-11,24% PUFA. Al completamento della produzione, dal punto di vista statistico è stato determinato un tenore di grassi significativamente ($p < 0,05$) più alto e un grado di ossidazione dei grassi più elevato nel muscolo SM rispetto al muscolo BF del prosciutto affumicato.

Parole chiave: prosciutto affumicato, tenore di grassi, composizione in acidi grassi, test TBARS