

DINAMIKA PROCESOV ZORENJA V RAZLIČNIH MIŠICAH GOVED¹

Milko LEBARIČ², Tomaž POLAK³, Božidar ŽLENDER⁴, Lea GAŠPERLIN⁵

Delo je prispelo 10. oktobra 2011, sprejeto 15. novembra 2011.
Received October 10, 2011; accepted November 15, 2011.

Dinamika procesov zorenja v različnih mišicah goved

Namen raziskave je bil spremljati dinamiko procesov zorenja govejega mesa pri temperaturi 1 °C v štirih intervalih (2, 7, 14 in 28 dni) ter iz vrednotiti njihov vpliv na kemijske (vsebnost neproteinskega dušika (NPN) in vezivnega tkiva) in instrumentalne parametre (Warner-Bratzlerjevo (WB) strižno silo) ter senzorične lastnosti (barvo presne mišice ter mehko-bo, sočnost, vonj in aromo) zrezkov, pečenih na dvoploščnem žaru (temperatura plošč 200 °C, končna središčna temperatura 60 °C). V poskus je bilo 24 ur *post mortem* vključenih šest mišic, in sicer *psaos major* (PM), *longissimus lumborum* (LL), *semimembranosus* (SM), *biceps femoris* (BF), *semitendinosus* (ST) in *triceps brachii* (TB) normalne kakovosti treh telic (starih 22 do 30 mesecev, topla masa trupov 234 kg do 264 kg) in treh bikov (starih 21 do 23 mesecev, topla masa trupov 359 kg do 364 kg) lisaste pasme. Ugotovili smo, da je čas zorenja značilno vplival na povečanje vsebnosti neproteinskega dušika; po 14 dneh zorenja (glede na dinamiko proteolize) si vsebnosti sledijo od najmanjše k največji: TB < ST < SM < PM < BF < LL. Vsebnost celokupnega vezivnega tkiva z zorenjem ostaja nespremenjena, delež topnega veziva pa se značilno povečuje pri mišici BF. Vse senzorične lastnosti se med 28 dnevnim zorenjem značilno izboljšajo. WB strižna sila se med zorenjem zmanjšuje (v povprečju za 28 %). Za zagotovitev celotne senzorične kakovosti mesa (mehkoba 6 točk za izven kategorije in 5 točk za I. in II. kategorijo, ostale lastnosti nad 5 točk) zadostuje zorenje pri temperaturi 1 °C za mišice PM 7 dni, za mišice LL najmanj 14 do največ 28 dni, za mišice TB in ST 28 dni, za mišice SM in BF pa več kot 28 dni.

Gljučne besede: govedo / meso / zorenje / neproteinski dušik / tekstura / senzorične lastnosti

Dynamics of ageing processes in different beef muscles

The purpose of the study was to investigate the dynamics of ageing processes in different beef muscles at temperature of 1 °C during 28-day period and its effect on chemical (nonprotein nitrogen (NPN) and connective tissue) and instrumental parameters (Warner-Bratzler (WB) shear force of roasted muscles), as well as sensory parameters, such as colour of raw, tenderness, juiciness, smell and flavour intensity of to the internal temperature of 60 °C roasted beef muscles (temperature of plate 220 °C). The total of six muscles (*Psoas major* (PM), *Longissimus lumborum* (LL), *Semimembranosus* (SM), *Biceps femoris* (BF), *Semitendinosus* (ST) and *Triceps brachii* (TB)) of normal meat quality were 24 h *post mortem* included in this study. Muscles originated from six commercially slaughtered animals of Simmental breed, three of them were heifers (22 to 30 months, hot carcass weight from 234 kg to 264 kg) and three bulls (21 to 23 months, hot carcass weight from 359 kg to 364 kg). In general, the content of NPN significantly increased by ageing. Regarding the dynamics of proteolysis the muscles at 14 days of ageing can be ranked from the lowest to the highest increase of NPN as follows: TB < ST < SM < PM < BF < LL. The content of connective tissue was not affected by ageing, but the content of soluble connective tissue increased by ageing in TB muscle. All sensory properties of roasted samples were improved during 28-day period. WB shear force decreased during ageing for approximately 28%. To ensure the overall sensory quality of beef (tenderness have to be evaluated with 6 points for extra beef quality or 5 points for I. and II. category, and for other properties 5 points are required) is sufficient ageing at the temperature 1 °C for PM 7 days, for LL between 14 and 28 days, for TB and ST 28 days, for SM and BF more than 28 days.

Key words: cattle / meat / beef / ageing of meat / nonprotein nitrogen / texture / sensory properties

1 Prispevek je del magistrskega dela Milka Lebariča z naslovom »Dinamika procesov zorenja v različnih mišicah goved«, mentor prof. dr. Lea Gašperlin / This article is part of a M.Sc. thesis named "Dynamics of ageing processes in different beef muscles", issued by Milko Lebarič, supervisor Assoc. Prof. Lea Gašperlin, Ph.D.

2 e-mail: milko.lebaric@aroma.si

3 Univ. of Ljubljana, Biotechnical Fac., Dept. of Food Science and Technology, Jamnikarjeva 101, SI-1111 Ljubljana, Slovenia, Ph.D., e-mail: tomaz.polak@bf.uni-lj.si

4 Same address as 3, Prof., Ph.D., e-mail: bozidar.zlender@bf.uni-lj.si

5 Same address as 3, Assoc. Prof., Ph.D., e-mail: lea.gasperlin@bf.uni-lj.si

1 UVOD

V zadnjem času zoreno meso pridobiva na pomenu in predstavlja novo obliko ponudbe svežega mesa na našem tržišču. Klasične načine zorenja mesa v obliki celih trupov, polovic ali četrti nadomešča zorenje izkošččenega in oblikovanega mesa v vakuumskih zavitkih, katerega največja pomanjkljivost so visoki stroški (obrezine, izguba mase, strošek pakiranja in skladiščenja). V ta namen se proizvajalci zorenega mesa trudijo racionalizirati postopek in izbiro surovine. Predvsem jih zanima primerčnost zorenja mesa v vakuumskih zavitkih, katere mišice oz. kosi so primernejši, ali je smiselno odbiranje mišic po spolu živali in trajanje zorenja, ki zagotovi oblikovanje zelenih gastronomskih lastnosti. Namen te študije je, ne le pojasniti dinamiko procesov zorenja pri različnih mišicah, temveč tudi oblikovati praktične rešitve v pridelavi, predelavi in gastronomski uporabi govejega mesa.

Med zorenjem potekajo v mesu pomembne biokemijske spremembe na mišičnih beljakovinah (t.i. proteoliza). Posledica proteolize je poškodovanje strukturnih beljakovin, kar se kaže kot porušenje mikroskopske zgradbe mesa. Meso postaja mehkejše, bolj topno in žvečljivo. Z zorenjem meso pridobi cenjene jedilne lastnosti, mehko in aromo, kar je še posebej poudarjeno pri govejem mesu. Znano je, da se proces zorenja mesa razlikuje v različnih mišicah iste živali, med različnimi vrstami živali, kakor tudi med različnimi kakovostmi mišičnine (Devine, 2004). Iz literature poznamo nekaj pokazateljev obsega zorenja, s katerimi se vrednoti mehčanje mesa (Davey in Gilbert, 1969; Dransfield, 1994; Olson in sod., 1976; Olson in Parrish, 1977) in izboljšanje njegovega vonja in arome (Nishimura in sod., 1988; Smith in sod., 1978). Z mehčanjem govejega mesa med zorenjem raziskovalci povezujejo skrajšanje dolžine sarkomer v miofibrilah (Strydom in sod., 2005), zmanjšanje rezne trdnosti, povečanje miofibrilarnega fragmentacijskega indeksa (Olson in sod., 1976), pojav komponente 30 kDa (Koohmaraie, 1994), zmanjšanje aktivnosti glikogen-fosforilaze b, kreatin-kinaze, gliceraldehid-3-fosfat-dehidrogenaze (Okomura in sod., 2003) in povečanje deleža neproteinskega dušika (Polak in sod., 2009).

Rezultati te študije pojasnjujejo dinamiko procesov zorenja pri različnih mišicah in pomagajo oblikovati praktične rešitve v pridelavi, predelavi in gastronomski uporabi govejega mesa. Rezultati dajejo odgovor na vprašanje o primernosti zorenja govejega mesa v vakuumskih zavitkih, katere mišice so najprimernejše za zorenje in kakšen je optimalen čas zorenja za zagotovitev zelenih senzoričnih lastnosti, predvsem mehko in arome.

2 MATERIAL IN METODE

2.1 VZORČENJE

V poskus je bilo vključenih 6 govedi (3 biki in 3 telice) lisaste pasme slovenske reje kakovostnega tržnega razreda R3. Biki so bili ob zakolu stari od 21 do 23 mesecev, telice pa od 22 do 30 mesecev. Postopki predklavnega obdobja, zakola in primarne obdelave trupov so potekali po ustaljeni tehnologiji. Tople mase trupov bikov so znašale od 359 kg do 364 kg, tople mase trupov telic pa od 234 kg do 264 kg. Hlajenje trupov je potekalo po ustaljeni tehnologiji do 24 ur *post mortem*. Vrednosti pH, izmerjene 24 ur *post mortem* v mišici *longissimus dorsi* med 6. in 7. prsnim vretencem, so bile pri vseh poskusnih živalih v mejah od 5,5 do 5,9 (normalna kakovost mišičnine). Po hlajenju (24 ur *p.m.*) smo iz obeh polovic trupov (iz desne in leve polovice) izrezali mišice *psaos major* (PM) – pljučna pečenka (meso izven kategorije), *longissimus lumborum* (LL) – ledja (šimbas) (meso I. kategorije), *semimembranosus* (SM) – mišica iz notranjega stegna (meso I. kategorije), *biceps femoris* (BF) – zunanje stegno – črni krajec (meso I. kategorije), *semitendinosus* (ST) – zunanje stegno – beli krajec (meso I. kategorije) in *triceps brachii* (TB) – debelo pleče (meso II. kategorije).

Vsako mišico smo razpolovili (na sredini mišice, pravokotno na mišična vlakna) in tako iz vsakega trupa dobili po 4 vzorce. Vzorce smo vakuumsko zapakirali v vrečke iz termokrčljive folije (Cryovac). Z naključnim izborom smo določili čas zorenja posameznega dela mišice. Na ta način smo poskušali izločiti vpliv lokacije vzorca v mišici. Zorenje je potekalo pri stalni temperaturi 1 °C (± 1 °C) 2, 7, 14 in 28 dni. Po končanem zorenju smo vzorce pripravili za nadaljnje analize, oziroma jih zamrzili pri -21 °C ± 1 °C (največ 1 mesec). Vse analize smo opravili v paralelni določitvi. WB strižno silo smo določili v štirih paralelkah.

Drugi dan zorenja smo opravili osnovno kemijsko analizo (voda, maščobe, pepel, beljakovine), izmerili vrednost pH neposredno v vzorcih, določili vsebnost neproteinskega dušika in kolagena (le na LL in BF), na toplotno obdelanih vzorcih pa smo opravili senzorično analizo barve, mehko, sočnosti, vonja in arome ter instrumentalno analizo teksture. Vse omenjene analize, razen osnovnih kemijskih analiz in kolagena, smo opravili tudi po 7-ih, 14-ih in 28-ih dneh zorenja. Vsebnost kolagena smo določili po dveh in 28-ih dneh zorenja.

Za senzorično in instrumentalno analizo mehko so bili zrezki debeline 3,5 cm toplotno obdelani s pečenjem na dvoploščnem žaru (temperatura plošč 200 °C, 5 minut) do končne središčne temperature 60 °C.

2.2 METODE

Vsebnost vode v mesu smo določili s sušenjem po uradnem postopku, opisanem v AOAC Official Method 950.46 Moisture in Meat (1997), vsebnost beljakovin (skupni dušik $\times 6,25$) po uradnem postopku, opisanem v AOAC Official Method 928.08 Nitrogen in Meat Kjeldahl Method (1997), vsebnost maščobe po uradnem postopku, opisanem v AOAC Official Method 991.36 Fat (Crude) in Meat and Meat Product (1997) in vsebnost skupnih mineralnih snovi po uradnem postopku, opisanem v AOAC Official Method 920.153 Ash of Meat (1997).

Vsebnost neproteinskega dušika (NPN) v mišicah smo določili po modificirani metodi, ki jo opisujejo Paulsen in sod. (2006) in Soriano in sod. (2006). Zatehtali smo 5 g (± 0.0001 g) homogeniziranega vzorca, dodali 40 ml ohlajene 3 % raztopine trikloroacetne kisline (Merck, 1.00807) in suspenzijo 120 s homogenizirali v ledeni vodni kopeli (Ultra-turrax T25, nastavek S25N-18G; IKA, Nemčija) pri 20000 obr/min, nato pa vsebino prefiltrirali (Sartorius 388, FT-3-101-150) direktno v Büchijeve razklopne kivete ter spirali filtrirno pogačo z 10 ml 3 % raztopine trikloroacetne kisline. Vsebnost NPN smo določili v skupnem bistrem filtratu z Büchi Kjeldahlovo linijo (Büchi Kjeldahl Line: K-424, B-324, B-414) za določanje dušika po uradni Kjeldahlovi metodi (AOAC 928.08, 1997). Delež neproteinskega dušika smo izrazili kot odstotek neproteinskega dušika glede na skupni dušik.

Za določanje vezivnega tkiva smo uporabili modificirano spektrofotometrično metodo po Matisseku in sod. (1992), ki temelji na določanju hidrosiprolina. Ekstrakcijo termolabilnega kolagena in ločbo topnega vezivnega tkiva od netopnega smo izvedli po Hillu (1996) in sicer v Ringerjevi raztopini laktata. Ringerjeva raztopina se uporablja za rahljanje intramolekularnih vezi v kolagenu in je bolj učinkovita kot destilirana voda (Hill, 1996).

Za določanje strižne sile mišic smo uporabili modificirano metodo, ki jo opisujejo Fortin in sod. (2005). Strižno silo mišic smo določili z univerzalnim instrumentom za mehnično testiranje TAXT plus texture analyser (Stable Micro Systems, Velika Britanija). Po 24-urnem hlajenju (druge polovice zrezka) smo iz vsake mišice, vzdolž mišičnih vlaken, izrezali po štiri vzorce v obliki valjev premera 8 mm. Strižno silo smo izmerili v sredini vsakega valja, pravokotno na mišična vlakna. Uporabili smo strižno Warner-Bratzler "V" giljotino debeline 3 mm, ki ima trikotno odprtino (60°). Hitrost giljotine je bila 0,0033 m/s. Silo, ki je bila potrebna za strig valja, smo izrazili v N (Newton).

Senzorično ocenjevanje je opravil tričlanski panel, ki so ga sestavljali izkušeni degustatorji Katedre za tehnologijo mesa in vrednotenje živil na Oddelku za živilsko tehnologijo Biotehniške fakultete. Degustacijo so opravili

v senzoričnem laboratoriju katedre. Senzorično ocenjevanje so izvedli s testom točkovanja lastnosti iz skupine deskriptivnih testov z nestrukturirano točkovno lestvico (od 1 do 7 točk). Isti panel je ocenil vse vzorce, vrednotenje je bilo sestavljeno iz štirih sekcij (2, 7, 14 in 28 dni zorenja).

Vzorci za senzorično analizo smo pripravili brez soli in začimb. Barva je bila ocenjena pred pečenjem na presni rezini vsake mišice, katerih površina je bila predhodno izpostavljena oksigenaciji za eno uro. Sredico pečenih zrezkov mišic smo takoj narezali na kocke (približno 5 g). Za nevtralizacijo okusa so preskuševalci uporabili sredico belega kruha in mlačno vodo z okusom limone (koncentracija 1 %). Panel je uporabil analitično-opisno (Golob in sod., 2005) metodo z nestrukturirano lestvico od 1 do 7 točk, kjer višji rezultat pomeni bolj izraženo lastnost. Deskriptorji pečenega govejega mesa so bili naslednji: barva presnega vzorca (stopnja oksigenacije mioglobina kot intenzivnost svetlordeče barve), vonj (intenzivnost vonja zorenega govejega mesa), mehkoča (upor vzorca na ugriz in žvečenje), sočnost (količina izcejenega soka med grizenjem) in aroma kot skupna zaznava vonjev in okusov (intenzivnost arome zorenega govejega mesa).

V poskusu zbrane podatke smo uredili s programom EXCEL XP in jih statistično obdelali z računalniškim programom SAS (SAS Software. Version 8.01, 1999) s postopkom MIXED. Statistični model za analizo kemijske sestave govejega mesa je vključeval fiksna vpliva žival znotraj spola in vrsta mišice (BF, LL, PM, SM, ST in TB), za analizo vpliva vsebnosti veziva fiksna vpliva vrsta mišice in čas zorenja (2, 7, 14 in 28 dni) ter interakcija mišica \times čas zorenja, za analizo vsebnosti deleža neproteinskega dušika in senzoričnega profila govejega mesa fiksne vplive žival znotraj spola, vrsta mišice, čas zorenja ter interakcijo mišica \times čas zorenja, za analizo WBSF pa fiksne vplive žival znotraj spola, vrsta mišice in čas zorenja. Pričakovane srednje vrednosti za eksperimentalne skupine so bile izračunane s testom LSM in primerjane pri 5 % tveganju. Pearsonovi korelacijski koeficienti med parametri zorenega mesa so izračunani s postopkom CORR (SAS Software. Version 8.01, 1999).

3 REZULTATI IN DISKUSIJA

3.1 HETEROGENOST VZORCEV

V tem poskusu so presne goveje mišice v povprečju vsebovale 74,5 % vode, 2,73 % maščobe, 22,4 % beljakovin in 1,28 % skupnih anorganskih snovi. Osnovno kemijsko sestavo smo opravili 48 ur po zakolu, saj se sestava tekom zorenja ne spreminja (Jeretina, 2004). Pred anali-

Preglednica 1: Osnovna kemijska sestava različnih presnih mišic mladih goved ($n = 12$)

Table 1: Basic chemical composition of different raw beef muscles ($n = 12$)

Mišica	Parameter (g/100 g) (povprečje ± standardni odklon)			
	voda	beljakovine	maščobe	skupne mineralne snovi
BF	74,60 ± 1,07	22,34 ± 0,96	2,39 ± 0,81 ^{cd}	1,31 ± 0,13 ^a
LL	73,61 ± 0,67	22,30 ± 0,61	2,76 ± 0,65 ^c	1,21 ± 0,10 ^c
PM	73,78 ± 1,40	22,02 ± 1,18	3,30 ± 0,01 ^a	1,31 ± 0,05 ^{ab}
SM	74,87 ± 0,59	22,61 ± 0,51	1,63 ± 0,05 ^e	1,35 ± 0,02 ^a
ST	75,31 ± 0,77	22,86 ± 0,88	2,15 ± 0,03 ^{de}	1,24 ± 0,04 ^c
TB	74,77 ± 1,21	22,18 ± 0,31	3,25 ± 0,56 ^b	1,24 ± 0,13 ^b

n – število vzorcev v eni mišici, povprečja z različno črko (a, b, c, d, e) znotraj stolpca (mišic) se med seboj statistično razlikujejo ($p \leq 0,05$); n – number of observations in muscle, means with a different letter (a, b, c, d, e) within column (muscle type) differ significantly ($P \leq 0,05$).

zo smo odstranili vso vidno maščobo in dele vezivnega tkiva, tako da rezultati prikazujejo osnovno kemijsko sestavo pustega govejega mesa.

V poskusu uporabljene goveje mišice so se med seboj značilno razlikovale v vsebnosti maščobe ($p < 0,0001$) in skupnih anorganskih snovi ($p = 0,0344$), ne pa v vsebnosti vode ($p = 0,0654$) in vsebnosti beljakovin ($p = 0,4396$).

3.2 KEMIJSKI PARAMETRI ZORENJA

3.2.1 DELEŽ NEPROTEINSKEGA DUŠIKA

Delež neproteinskega dušika (NPN) je v literaturi definiran tudi kot proteolitični indeks (uveljavljen izraz pri sušenih mesninah) in predstavlja razmerje med neproteinskim dušikom in skupnim dušikom. V našem poskusu goveje mišice v povprečju vsebujejo 8,91 % NPN. Iz preglednice 2 je razvidno, da se vsebnost NPN v govejem mesu statistično značilno spreminja s časom zorenja in vrsto mišice ($p < 0,0001$), statistično značilna pa je tudi dvojna interakcija med mišicami in časom zorenja ($p < 0,0001$). Delež NPN se je po štirih tednih zorenja povečal za 16 %, kar je posledica delovanja encimov kot so endogene proteinaze, oligopeptidaze in aminopeptidaze. Mišica z najnižjim deležem NPN 2 dni *post mortem* je TB (8 %), sledita mišici ST in PM (8,1 %), nato mišica LL (8,3 %), statistično značilno največji delež NPN pa sta imeli mišici BF in SM (8,6 %). Torej, z zorenjem delež NPN v različnih mišicah narašča z različno dinamiko (slika 1). Ob koncu 28-dnevnega zorenja ima mišica TB še vedno najmanjši delež NPN (9 %), sledita mišici ST (9,1 %) in PM (9,2 %), statistično značilno največji delež imata mišici SM in BF (10 %) ter mišica LL (10,4 %).

Na podlagi intenzivnosti nastanka NPN po 14-ih dneh zorenja si sledijo mišice od najmanjše k največji hitrosti proteolize: TB < ST < SM < PM < BF < LL. Ti rezultati so primerljivi s podatki v dostopni literaturi. Bruas-Rei-

gner in sod. (1996) navajajo, da vsebnost NPN v mišicah narašča med tretjim in 14-im dnevom zorenja. Posledica delovanja proteolitičnih encimov je povečanje vsebnosti prostih aminokislin. Količina prostih aminokislin in njihovo medsebojno razmerje je odvisno od pogojev, katerim je meso podvrženo, vendar se vsebnost prostih aminokislin povečuje predvsem v začetni stopnji zorenja (prvih 10 dni).

Delež NPN v mišici LL se statistično značilno povečuje z vsakim tednom zorenja, največji dvig smo zaznali v prvem tednu (iz 8,3 % na 9,9 %), skupno pa se je v 28-ih dneh povečal za četrtno (na 10,4 %). Nekoliko počasneje se povečuje delež NPN v mišici BF (v enem tednu iz 8,6 % na 9,4 %), kjer se v 28-ih dneh poveča na 10 %; vsa povečanja so statistično značilna. Sledi mišica SM (iz 8,6 % na 10 %), v kateri statistično značilno povečanje NPN opazimo šele med 14-im in 28-im dnevom. Podobno kinetiko povečanja deleža NPN smo zasledili v mišici PM, vendar je treba poudariti, da smo največji dvig zaznali že po drugem tednu (iz 8,1 % na 8,7 %), skupno pa na 9,2 %. ST in TB sta mišici, v katerih se delež NPN poveča (iz 8,1 % oz. 8,0 %) šele po 14-ih (8,3 %, ST) oziroma po 28-ih dneh zorenja (9,0 %, TB).

3.2.2 VEZIVNO TKIVO

Povprečna vsebnost skupnega vezivnega tkiva (SVT) v mišici LL je 0,37 g/100 g, od tega je 0,32 g/100 g netopnega vezivnega tkiva (NVT) in 0,05 g/100 g topnega vezivnega tkiva (TVT). Če te vrednosti primerjamo z Mavrom (2001), ki je ugotovil, da je v mišici LL 0,81 g SVT/100 g, od tega je 0,07 g TVT/100 g in 0,75 g NVT/100 g, ugotovimo, da je pri naši raziskavi vsebnost vezivnega tkiva veliko manjša. Povprečna vsebnost SVT v mišici BF je 0,28 g/100 g, od tega je 0,19 g/100 g NVT in 0,09 g/100 g TVT, kar je manj kot v mišici LL. Slednje je v nasprotju s podatki Koohmaraie in Geesinka (2006),

Preglednica 2: Vpliv časa zorenja na kemijske, instrumentalne in senzorične parametre (LSM) govedine

Table 2: Effect of ageing on chemical, instrumental and sensory parameters (LSM) of beef

Parameter	standardna napaka	Zorenje (dnevi)			
		2	7	14	28
NPN	0,13	8,3 ^d	8,7 ^c	9,0 ^b	9,6 ^a
TVT (g/100 g)	0,01	0,04 ^b			0,10 ^a
NVT (g/100 g)	0,01	0,23			0,22
SVT (g/100 g)	0,02	0,27 ^b			0,32 ^a
DTVTV (%)	1,6	15,8 ^b			33,5 ^a
WBSF (N)	1,67	49,54 ^a	42,52 ^b	41,65 ^b	35,80 ^c
barva (1–7 točk)	0,10	4,3 ^b	3,9 ^c	4,5 ^b	5,5 ^a
mehkoba (1–7 točk)	0,13	3,0 ^d	4,1 ^c	4,3 ^b	5,2 ^a
sočnost (1–7 točk)	0,04	5,8 ^b	5,7 ^b	5,8 ^b	6,0 ^a
vonj (1–7 točk)	0,03	5,0 ^d	5,3 ^c	5,6 ^b	5,9 ^a
aroma (1–7 točk)	0,03	5,0 ^d	5,3 ^c	5,6 ^b	5,8 ^a

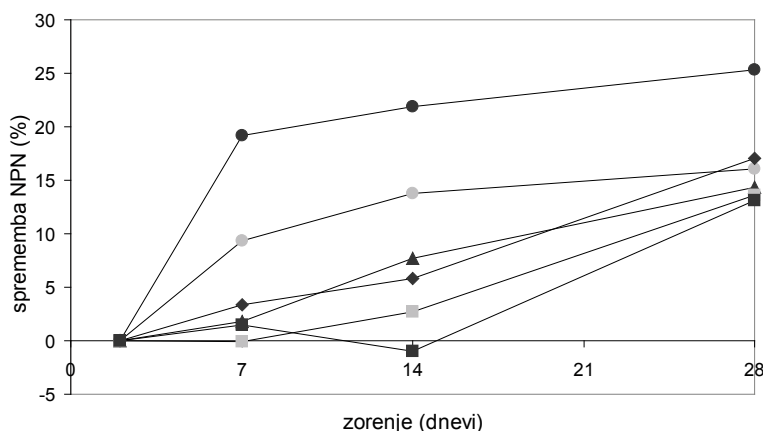
LSM – pričakovane srednje vrednosti, NPN – delež neproteinskega od skupnega dušika (% od skupnega dušika), TVT – topno vezivno tkivo, NVT – netopno vezivno tkivo, SVT – skupno vezivno tkivo, DTVTV – delež topnega vezivnega tkiva od skupnega (%), WB – Warner-Bratzlerjeva strižna sila, povprečja z različno črko (a, b, c) znotraj vrstice (časov zorenja) se med seboj statistično razlikujejo ($p \leq 0.05$); LSM – least squares means, NPN – proportion of non protein nitrogen (% of total nitrogen), TVT – soluble connective tissue, NVT – insoluble connective tissue, SVT – total connective tissue, DTVTV – proportion of soluble connective tissue (% of total), WB – Warner-Bratzler share force, means with a different letter (a, b, c) within row (days of ageing) differ significantly ($P \leq 0.05$).

ki sta ugotovila, da mišica *longissimus lumborum* vsebuje manj kolagena kot mišica *biceps femoris*.

Na vsebnost TVT v tem poskusu statistično značilno vpliva vrsta mišice ($p = 0,0078$), čas zorenja ($p = 0,0002$) ter interakcija mišica in čas zorenja ($p < 0,0001$). Na vsebnost NVT statistično značilno vpliva le mišica ($p < 0,0001$), na SVT pa še interakcija mišica in čas zorenja ($p = 0,0325$).

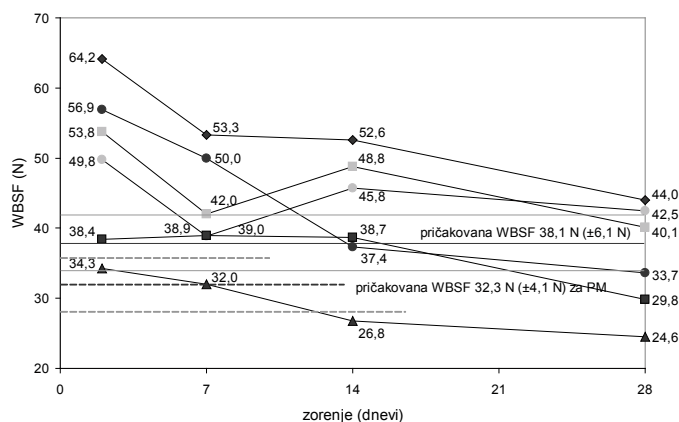
Vsebnost SVT v mišici LL se med zorenjem ni bi-

stveno spremenila (pregl. 2), kar navajajo tudi Nishimura in sod. (1993). Nasprotno pa se vsebnost TVT in posledično tudi DTVTV v mišici BF statistično zelo visoko značilno spreminja. Po 28-ih dneh zorenja je v mišici BF za 5-krat več TVT kot po dveh dneh zorenja. Rezultati o topnosti vezivnega tkiva v našem poskusu se le delno ujemajo z ugotovitvami Baileya in Lighta (1989), ki sta potrdila, da je topnost kolagena večja v dlje časa zorenem mesu kot v mesu, zorenem krajši čas pri enaki tem-



Slika 1: Spremembe deleža neproteinskega dušika (NPN, %) od skupnega dušika med 28-dnevnim zorenjem različnih mišic, preračunane na delež NPN ob drugem dnevu zorenja. Mišice: ● BF, ● LL, ▲ PM, ◆ SM, ■ ST, ■ TB.

Figure 1: Changes in the proportion of non-protein nitrogen (NPN/%) from total nitrogen during the 28-days of ageing of different muscles, calculated in proportion to NPN on the second day of ageing. Muscles: ● BF, ● LL, ▲ PM, ◆ SM, ■ ST, ■ TB.



Legenda: pričakovana strižna sila 38,1 N ($\pm 6,1$ N) za doseg ocene 5 točk za mehko (—), pričakovana strižna sila 32,3 N ($\pm 4,1$ N) za doseg ocene 6 točk za mehko (- - -), enačba za izračun: WB strižna sila = $-5,8 \times (\text{ocena za mehko}) + 67,0$; mišice: ● BF, ● LL, ▲ PM, ◆ SM, ■ ST, ■ TB. Legend: expected WBSF 38.1 N (± 6.1 N) for achievement of 5 scores for tenderness (—), expected WBSF 32.3 N (± 4.1 N) for achievement of 6 scores for tenderness (- - -), equation: WBSF = $-5.8 \times (\text{scores for tenderness}) + 67.0$, muscles: ● BF, ● LL, ▲ PM, ◆ SM, ■ ST, ■ TB.

Slika 2: Odvisnost WB strižne sile, merjene na šestih različnih pečenih govejih mišicah, od časa zorenja
Figure 2: WBSF versus time of ageing in six different roasted beef muscles

peraturi. V našem poskusu pa se v mišici BF vsebnost TVT v 28-ih dneh zorenja statistično značilno poveča z 0,03 g/100 g na 0,15 g/100 g.

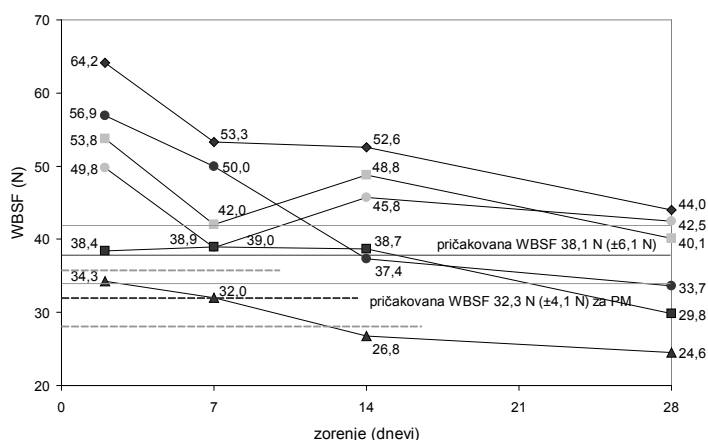
3.3 INSTRUMENTALNO MERJENI PARAMETRI TEKSTURE

Stopnjo mehkoabe pečenega govejega mesa smo določili tudi z merjenjem WB strižne sile (pregl. 2). Meritve na vseh šestih mišicah so zelo spremenljive ($KV > 27\%$), kar je predvsem posledica opaznega mehčanja mišic med zorenjem.

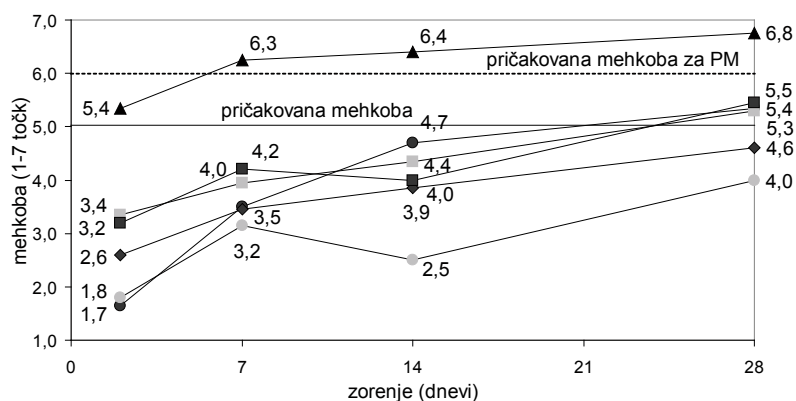
Na strižno silo govejega pečenega mesa statistično

značilno vplivajo žival znotraj spola ($p = 0,0014$), vrsta mišice in čas zorenja ($p = 0,0001$).

Iz preglednice 2 je razvidno, da se s časom zorenja WB strižna sila, potrebna za prerezanje vzorca, statistično značilno zmanjšuje. V povprečju se je sila potrebna za prerezanje vzorcev govejega mesa v 28-ih dneh zmanjšala za 28 %. Jeremiah in Gibson (2003) sta v zoreni govedini prišla do podobnih rezultatov. Ugotovila sta, da je WB strižna sila, merjena na mišici LL, na začetku zorenja 59 N, prvi teden 47 N, drugi teden 42 N, tretji teden 36 N in četrti teden 37 N. Če primerjamo te rezultate z našimi povprečnimi vrednostmi, ugotovimo, da je WB strižna sila četrti teden podobna, v izhodišču pa so bile vse naše mišice mehkejše. Temperatura zorenja je bila v obeh primerih enaka.



Slika 3: Senzorično izrednotena barva presnih govejih mišic po 2-, 7-, 14- in 28-tih dneh zorenja: ● BF, ● LL, ▲ PM, ◆ SM, ■ ST, ■ TB.
Figure 3: Sensory evaluated colour of raw beef muscles after 2-, 7-, 14- and 28-days of ageing: ● BF, ● LL, ▲ PM, ◆ SM, ■ ST, ■ TB.



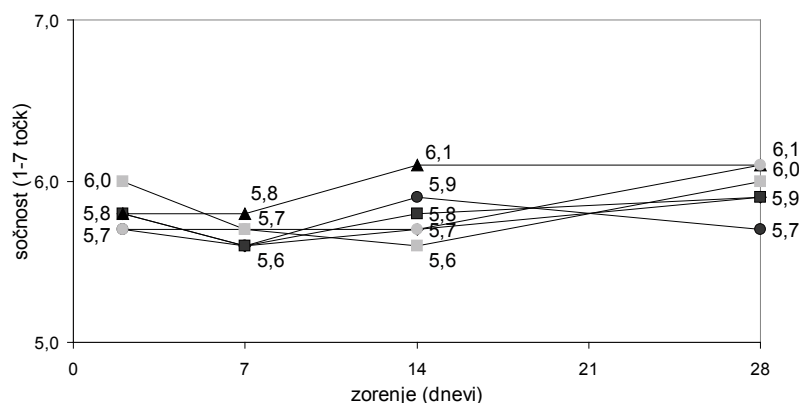
Slika 4: Senzorično iz vrednotena mehkoba govejih mišic po 2-, 7-, 14- in 28-tih dneh zorenja: ● BF, ● LL, ▲ PM, ◆ SM, ■ ST, ■ TB.
Figure 4: Sensory evaluated tenderness of beef muscles after 2-, 7-, 14- and 28-days of ageing: ● BF, ● LL, ▲ PM, ◆ SM, ■ ST, ■ TB.

3.4 SENZORIČNE LASTNOSTI

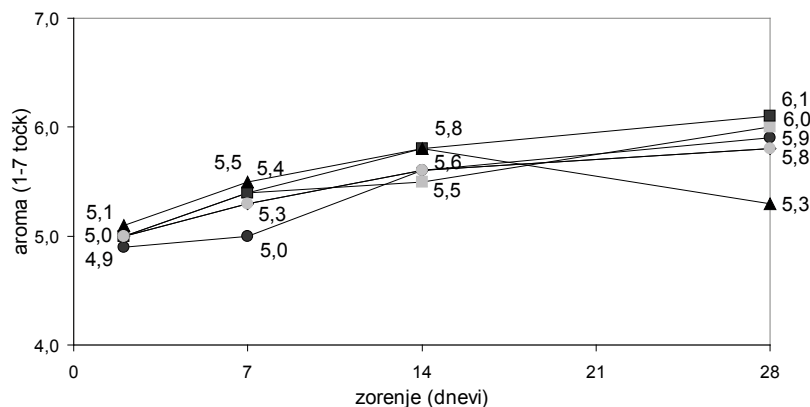
Mišice, ki smo jih vključili v poskus, spadajo po Pravilniku o kakovosti mesa klavne živine in divjadi (2007) v tri različne kakovostne kategorije. Za vrednotenje njihove primerne mehkobe smo uporabili dva različna kriterija: za mišico PM, ki spada v meso izven kategorije, smo za primerno mehkobo zorenega mesa izbrali oceno 6 ali več; za mišice LL (ledja oz. šimbas), SM (mišica notranjega stegna), BF (zunanje stegno, črni krajec) in ST (zunanje stegno, beli krajec), ki spadajo med meso I. kategorije, smo za primerno mehkobo zorenega mesa izbrali oceno 5 ali več; za mišico TB (debelo pleče), meso II. kategorije, smo za primerno mehkobo zorenega mesa prav tako izbrali oceno 5 ali več.

Na splošno lahko ugotovimo, da se barva mišičnine med 4-tedenskim zorenjem izboljša za celo točko (s povprečne vrednosti 4,3 točke (vse mišice, po dveh dneh) na 5,5 točke po 28-ih dneh zorenja), postane bistveno svetlejša in bolj izrazita.

Največje spremembe med zorenjem potečejo pri mehkobi. Vzorce smo v povprečju po dveh dneh zorenja ocenili kot skoraj nesprejemljivo trde (3,0 točke), pri 28-ih dneh pa postanejo relativno mehki, kar potrjujejo visoke ocene (5,2 točke). V celotnem poskusu si po mehkobi sledijo mišice od najboljše do najslabše ocene: PM, ST, TB, LL, SM in BF. Zoreno goveje meso so ocenjevali tudi Cifuni in sod. (2004) ter Monsón in sod. (2005). Monsón in sod. (2005) so ugotavljali vpliv pasme živali in časa zorenja (35 dni) na senzorično kakovost m. *longissimus thoracis et lumborum* govejih pasem Spanish Holstein, Brown Swiss, Limousin in Blonde d'Aquitaine. Ugotovili so 15–25 % izboljšanje senzorično ocenjene mehkobe, kar je sicer v skladu z ugotovitvami v našem poskusu. Ugotovili smo celo povprečno bistveno večje (vse mišice) izboljšanje mehkobe (za 73 %). Cifuni in sod. (2004) so prišli do podobnih rezultatov, saj se sočnost med zorenjem (od 8 do 15 dni) ni spremenila (6,3 točke), mehkoba se je povečala (iz 6,0 na 6,5 točke), izboljšala se je tudi aroma (iz 5,6 na 6,0 točke). To je predvsem posledica



Slika 5: Senzorično iz vrednotena sočnost govejih mišic po 2-, 7-, 14- in 28-tih dneh zorenja: ● BF, ● LL, ▲ PM, ◆ SM, ■ ST, ■ TB.
Figure 5: Sensory evaluated juiciness of beef muscles after 2-, 7-, 14- and 28-days of ageing: ● BF, ● LL, ▲ PM, ◆ SM, ■ ST, ■ TB.



Slika 6: Senzorično izrednotena aroma govejih mišic po 2-, 7-, 14- in 28-tih dneh zorenja: ● BF, ● LL, ▲ PM, ◆ SM, ■ ST, ■ TB.
Figure 6: Sensory evaluated flavour of beef muscles after 2-, 7-, 14- and 28-days of ageing: ● BF, ● LL, ▲ PM, ◆ SM, ■ ST, ■ TB.

učinka proteolitičnih encimov, ki razgradijo beljakovine do peptidov in aminokislin. Zaradi delovanja lipolitičnih encimov se med zorenjem izboljšujeta vonj in aroma mesa, medtem ko sočnost ostaja enaka. Nekaj podobnega smo ugotovili tudi v našem poskusu – z zorenjem se sočnost sicer spremeni statistično značilno, ampak komaj po 28-tih dneh, ocene se gibljejo med 5,8 točke (2 dni) in 6,0 točke (28 dni), prej so spremembe niso statistično značilne. Medtem pa se vonj in aroma z zorenjem izboljšujeta veliko bolj opazno, prva opaznejša sprememba je že pri 7-ih dneh zorenja, z nadaljnjim zorenjem se še izboljšujeta (iz 5,0 točk na 5,9 točke (vonj) oziroma iz 5,0 točk na 5,8 točke (aroma)).

Mišice se zelo visoko statistično značilno ločijo po barvi in mehkoči, med zorenjem pa se pojavijo še razlike v aromi in vonju. Ob začetku poskusa se mišice v vonju in aromi niso statistično značilno razlikovale, statistično značilne razlike so se pojavile že po 7-ih dneh zorenja, ko je bila po vonju in aromi najboljša mišica PM. Ob koncu zorenja, po 28-ih dneh, sta bili po vonju in aromi najboljši mišici TB in ST, vonj in aroma mišice PM pa sta se že poslabšala in sta dobila najnižjo oceno v primerjavi z ostalimi mišicami.

3. 5 POVEZAVA MED WB STRIŽNO SILO IN SENZORIČNO OCENJENO MEHKOBO GOVEJEGA MESA

Predvidevali smo, da bomo s korelacijsko analizo instrumentalno izmerjene WB strižne sile in senzorično oceno mehkoče šestih različnih govejih mišic ugotovili močno negativno povezavo med njima; opazili smo negativno, statistično značilno, vendar ne tesno povezavo (Pearsonov korelacijski koeficient 0,47, $p < 0,0001$).

Povezava je predstavljena tudi na sliki 7, izražena pa

je v formuli za linearno povezavo med instrumentalno in senzorično ocenjeno mehkočo: $y = -5,8 \times x + 67,0$.

S programom Excel smo po postopku STEYX, ki izračuna standardno napako predvidenih y vrednosti za vsak x v regresiji, določili tudi standardno napako ocene za mehkočo. Ta znaša 1,4 točke. Na podlagi formule in standardne napake ocene smo izračunali pričakovano WB strižno silo 38,1 N za dosego ocene 5 točk za mehkočo ter pričakovano WB strižno silo 34,1–42,2 N. Za oceno mehkoče 6 točk bi morala mišica imeti WB strižno silo 32,3 N oziroma 28,3–36,4 N (slika 2). Iz slike 2 je razvidno, da je mišica PM dovolj mehka že po 7-dnevem zorenju, takrat pa je tudi že dosegla senzorično oceno mehkoče 6 točk, ki je v našem poskusu določena/zahtevana za meso izven kategorije, v katero mišica PM sodi.

WB strižna sila se pri mišici LL pomembno zniža po 28-ih dneh. Mišica LL šele pri 28-dnevem zorenju doseže oceno za mehkočo nad 5 točk (5,4 točke, pregl. 23).

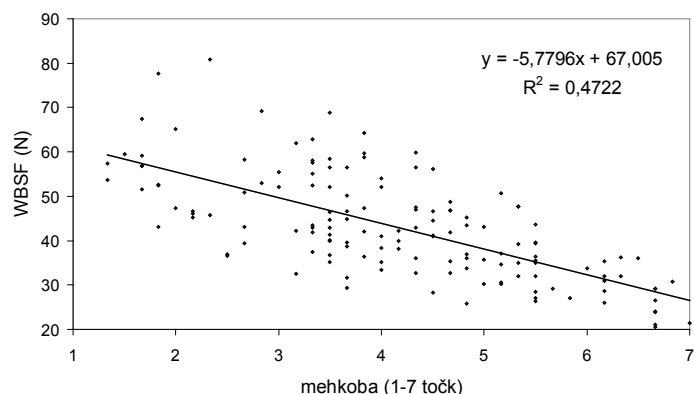
Mišica SM je že na začetku zorenja dokaj trda mišica. Tudi po 28-ih dneh zorenja ne doseže senzorične ocene 5 točk, ki smo jo predpisali kot sprejemljivo mehkočo za meso I. kakovosti.

Mišica ST se v 28-ih dneh zmehča (zmanjša se WB strižna sila) za 20–30 %, takrat je tudi senzorična ocena mehkoče več kot 5 točk.

Mišica TB je na začetku zorenja dobila za senzorično oceno mehkoče zelo nizke ocene (3,2 točke), po 28-ih dneh zorenja pa se je senzorična ocena mehkoče povečala za 68 % (na 5,4 točke) oziroma se je WB strižna sila zmanjšala za 28 %.

4 ZAKLJUČKI

Na podlagi intenzivnosti nastanka neproteinskega dušika (od skupnega dušika) v prvih 14-ih dneh zorenja



Slika 7: Odvisnost WB strižne sile in senzorično ocenjene mehkode šestih različnih govejih mišic

Figure 7: WBSF versus tenderness of all results, acquired in this experiment, on six different muscles

lahko oblikujemo tri skupine mišic: TB in ST s počasnejšo proteolizo, PM in SM s srednje hitro ter BF in LL s hitrejšo proteolizo; v nadaljevanju zorenja parameter NPN prav tako narašča. Delež NPN je statistično značilno večji v mišicah BF in LL telic kot pri bikih. V 28-tih dneh zorenja se vsebnost topnega vezivnega tkiva poveča le v mišici BF, ne pa v mišici LL. Barva presnih govejih mišic se med 4-tedenskim zorenjem izboljša v povprečju za 1,2 točke. Sočnost se z zorenjem statistično značilno izboljša, ampak komaj po 28-dneh zorenja, ocene se gibljejo med 5,8 točke (2 dni) in 6,0 točke (28 dni). Vonj in aroma se z zorenjem izboljšujeta, prva opaznejša sprememba je bila pri 7-ih dneh zorenja, vendar se z nadaljnjim zorenjem še izboljšujeta (za 15 %). Največje spremembe med zorenjem potečejo pri mehki; instrumentalno merjena Warner-Bratzler strižna sila se je v 28-ih dneh zorenja statistično značilno zmanjšala za povprečno 28 %, povprečna senzorična ocena pa se je povprečno izboljšala za 25 %, iz skoraj nesprejemljivo trde do relativno mehke. Mehkoba je odvisna tudi od vrste mišice (najmehkejši sta PM in TB, najtrša SM). Za zagotovitev celotne senzorične kakovosti mesa (mehkoba 6 točk za meso izven kategorije in 5 točk za I. in II. kategorijo, ostale lastnosti nad 5 točk) zadostuje zorenje pri temperaturi 1 °C, in sicer za mišice PM 7 dni, mišice LL več kot 14 in manj kot 28 dni, mišice TB in ST 28 dni ter mišice SM in BF več kot 28 dni.

5 VIRI

- AOAC 920.153. Ash of meat. 1997. V: Official methods of analysis of AOAC International. 16th ed. Cunnif (ur.). Washington, AOAC International, chapter 39: 4
- AOAC 928.08. Nitrogen in meat Kjeldahl method. 1997. V: Official methods of analysis of AOAC International. 16th ed.

- Cunnif (ur.). Washington, AOAC International, chapter 39: 5–6
- AOAC 950.46. Moisture in meat. 1997. V: Official methods of analysis of AOAC International. 16th ed. Cunnif (ur.). Washington, AOAC International, chapter 39: 1–2
- AOAC 991.36. Fat (crude) in meat and meat products. 1997. V: Official methods of analysis of AOAC International. 16th ed. Cunnif (ur.). Washington, AOAC International, chapter 39: 3–4
- Bailey A. J., Light N. D. 1989. Connective tissue in meat and meat products. London, New York, Elsevier Applied Science: 355 str.
- Davey C.L., Gilbert K.V. 1969. Studies on meat tenderness. 7. Changes in the fine structure of meat during aging. *Journal of Food Science*, 34: 69–74
- Devine C.E. 2004. Conversion of muscle to meat: Ageing. V: *Encyclopedia of meat sciences*. Jensen W.K., Devine C., Dikeman M. (ur.). Oxford, Elsevier: 336 str.
- Dransfield E. 1994. Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. *Meat Science*, 36: 105–121
- Fortin A., Robertson W.M., Tong A. K. W. 2005. The eating quality of Canadian pork and its relationship with intramuscular fat. *Meat Science*, 69: 297–305
- Golob T., Jamnik M., Bertonecelj J., Kropf U. 2005. Sensory analysis: methods and assessors. *Acta agriculturae Slovenica*, 85: 55–66
- Hill F. 1996. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *Journal of Food Science*, 31: 161–166
- Koohmaraie M. 1994. Muscle proteinases and meat aging. *Meat Science*, 36: 93–104
- Koohmaraie M., Geesink G. H. 2006. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74: 34–43
- Matissek R., Schnepel F. M., Steiner G. 1992. *Lebensmittel Analytik. Grundzüge-Methoden, Anwendungen*. 2. Anfl. Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag: 107–111
- Maver T. 2001. Ugotavljanje vezivnega tkiva v govejih mišicah m. *longissimus dorsi* in m. *semitedimusus*. Diplomsko delo.

- Ljubljana, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za živilstvo: 26–33
- Nishimura T., Hattori A., Takahashi K. 1993. Structural weakening of the intramuscular connective tissue during conditioning of beef. *Meat Science*, 42: 251–260
- Nishimura T., Rhue M.R., Okitani A., Kato H. 1988. Components contributing to the improvement of meat taste during storage. *Agricultural and Biological Chemistry*, 52: 2323–2330
- Official Methods of Analysis (16th ed.) 1997. Washington, AOAC
- Okumura T., Yamada R., Nishimura T. 2003. Survey of conditioning indicators for pork loins: changes in myofibrils, proteins and peptides during post mortem conditioning of vacuum-packed pork loins for 30 days. *Meat Science*, 64: 467–473
- Olson D.G., Parrish J.R., Stromer M.H. 1976. Myofibrillar fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during post mortem storage. *Journal of Food Science*, 41: 1036–1041
- Olson D.G., Parrish Jr. F.C. 1977. Relationship of myofibril fragmentation index to measures of beefsteak tenderness. *Journal of Food Science*, 42: 506–509
- Paulsen P., Hagen U., Bauer F. 2006. Changes in biogenic amine contents, non-protein nitrogen and crude protein during curing and thermal processing of *M. longissimus, pars lumborum* of pork. *European Food Research and Technology*, 223, 5: 603–608
- Polak T., Došler D., Žlender B., Gašperlin L. 2009. Heterocyclic amines in aged and thermally treated pork longissimus dorsi muscle of normal and PSE quality. *LWT – Food Science and Technology*, 42: 504–513
- SAS Software. Version 8.01. 1999. Cary, SAS Institute Inc.
- Smith G.C., Culp G.R., Carpenter Z.L. 1978. *Post mortem* aging of beef carcasses. *Journal of Food Science*, 43: 823–826
- Soriano A., Cruz B., Gómez L., Mariscal C., Ruiz A.G. 2006. Proteolysis, physicochemical characteristics and free fatty acid composition of dry sausages made with deer (*Cervus elaphus*) or wild boar (*Sus scrofa*) meat: A preliminary study. *Food Chemistry*, 96, 2: 173–184
- Strydom P.E., Frylinck L., Smith, M.F. 2005. Should electrical stimulation be applied when cold shortening is not a risk? *Meat Science*, 70: 733–742