

**UTJECAJ STRESA PRIJE KLANJA NA BOJU JUNEČEGA MESA****D. Marenčić, A. Ivanković****Sažetak**

Proizvođači govedskog mesa nerijetko se susreću s problemima pojave nepoželjne boje, prvenstveno pojave tamnog, suhog i tvrdog mesa. Potrošači nerado konzumiraju takvo meso, neopravdano misleći da potječe od starijih ili bolesnih životinja. Radi navedenog, veliki naglasak u proizvodnji govedskog mesa se stavlja na kontrolu i održivost boje mesa. Tamno meso jedan je od vodećih problema u prodaji junečega mesa, jer uzrokuje milijunske gubitke mesnoj industriji, zbog čega je predmet brojnih istraživanja. Istraživanja ukazuju kako je stres prije klanja glavni uzročnik pojavnosti tamnog, suhog i tvrdog mesa koji direktno uzrokuje pad razine glikogena u mišićima, što dovodi do redukcije sinteze mliječne kiseline i povećanog konačnog pH (kpH). Povećanjem kpH, povećava se svjetlosna apsorpcija i sposobnost vezanja vode u mesu što u konačnici dovodi do stvaranja nepoželjnog tamnog, suhog i tvrdog mesa.

Ključne riječi: govedo, meso, stres, kvaliteta, boja.

**Uvod**

Boja je jedna od glavnih kvalitativnih odlika mesa. Većina potrošača svježinu mesa ocjenjuje na osnovu boje te se temeljem vizualnog dojma boje odlučuje za kupnju mesa. Potrošač preferira lagano rumeno do sjajno crvenu boju mesa i negativno reagira na tamno obojeno meso, smatrajući kako potječe od starih i bolesnih životinja. Zbog toga se veliki naglasak stavlja na kontrolu i održivost boje mesa (Faustman i Cassens, 1990). Ringkop (1996) navodi da tamno i diskolorirano meso u SAD stvara veće gubitke od svih ostalih problema vezanih uz svježinu i održivost svježeg junečeg mesa zajedno. Istraživanja su ukazala na velik broj biokemijskih i fizičkih čimbenika koji utječu na boju mesa i njenu stabilnost. Danas je znano da u iskrvarenom mesu boja potječe od mišićnih pigmenata mioglobina (90%) i hemoglobina (Govindarajan, 1973; Giddings, 1977). Hemoglobin je smješten u eritrocitima, a mioglobin je uniformno raspoređen u mišićju. Tri oblika mioglobina, koji određuju boju svježeg sirovog mesa, su: purpurnocrveni deoksimioglobin ( $Mb^{2+}$ ), svijetlocrveni oksimioglobin ( $Mb^{O_2}$ ) i tamnosmeđi metmioglobin ( $MetMb^{3+}$ ). Njegov sadržaj ovisi o pasmini, spolu i tipu mišića. Količina mioglobina u mišićima junadi varira s obzirom na dob životinje i to 1-3 mg/g u teladi, 4-10 mg/g u junadi i 16-20 mg/g u satarije junadi. Steinhäuser (1995) navodi da boja mesa može neznatno varirati i na razini jedinke (1-3 mg mioglobina na 1 g tkiva teladi, 4-10 mg mioglobina na 1 g tkiva junadi te 15-20 mg na 1 g tkiva starije junadi). Mišići koji su izloženi većim naporima u sarkoplazmi mišićnih vlakana sadrže više mioglobina. Mišić pokretač *m. extensor carpi radialis* sadrži 12 mg/g, a potporni mišić *m. longissimus dorsi* 6 mg/g mioglobina. Starenjem životinja umanjuje se sposobnost mioglobina za vezanje kisika te starija junad obično imaju tamniju boju mesa.

---

Dr.sc. Dejan Marenčić, Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Milislava Demerca 1, 48260 Križevci, e-mail:dmarencic@vguk.hr.

Prof.dr.sc. Ante Ivanković, Zavod za specijalno stočarstvo, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb.

Otkriven je velik broj biokemijskih i fizičkih čimbenika koji utječu na boju i stabilnost boje mesa, a kao najznačajnije navode: razina vezanja kisika (*oksidacija*), autooksidacija, metmioglobin reduktazna aktivnost, parcijalni pritisak kisika i pH (George i Stratman, 1952; Stewart i sur., 1965; Watts i sur., 1966; Brown i Mebine, 1969; Bendall i Taylor, 1972; Atkinson i Follet, 1973; O'Keefe i Hood, 1982; Renerre i Labs, 1987; Reddy i Carpenter, 1991; Faustman i Cassens, 1990; Ledward, 1991). Najčešći uzrok promjene boje mesa je oksidacija. Kod svježeg odrezanog mesa mioglobin je reduciran i grimizno je crvene boje. Kad se kisik veže na željezo ligand mioglobina nastaje oksimioglobin koji stvara sjajno rumenu crvenu boju, poželjnu potrošačima jer ih ta boja asocira na zdravo meso (Liu i sur., 1995). No, oksimioglobin je nestabilan i oksidira do feri mioglobina (*metmioglobina*), stvarajući smeđu potrošačima manje poželjnu boju jer ih asocira na pokvareno meso (Renerre, 1990). Oksidacija oksimioglobina ovisi o stabilnosti (*ne-oksidaciji*) mioglobina (George i Stratman, 1952; Brown i Mebine, 1969; Shikama i Sugarwara, 1978; Renerre i sur., 1992), pH vrijednosti u mesu (Shikama i Sugaeara, 1978), parcijalnom pritisku kisika (George i Stratman, 1952), jonskoj jačini u kiselj sredini (pH<6,5; Andersen i sur., 1988) te izloženosti mesa svjetlu (Bertelsen i Skibsted, 1987). Razina vezanja kisika u ranom post-mortalnog stadiju junećeg mesa utječe na stabilnost boje. Stajanjem na zraku mioglobin se brzo i reverzibilno spaja s kisikom i stvara sjajno rumeno crvenu boju, oksimioglobin (Ledward, 1991). Pod utjecajem mikroorganizama pretvorba oksimioglobina u druge oblike je brža, te su izraženije promjene boje mesa u odnosu na meso koje nije onečišćeno mikroorganizmima (Hedrick i sur., 1996). Oksidacija je u prvom redu reverzibilna reakcija (Bevilacqua i Zaritzky, 1986). Već nakon prve minute počinje zrenje mesa na površini do sjajno rumenocrvene boje (Ledward i sur., 1992) i odmakom vremena tanki sloj oksimioglobina širi se dublje u meso (Feldhusen i sur., 1994). Dubina difuzije oksimioglobina ovisi o razini vezanja kisika u mesu, temperaturi i vanjskom pritisku kisika (Ledward i sur., 1992). Oksimioglobin pokazuje veću stabilnost prema oksidaciji nego mioglobin (Govindarajan, 1973; Strayer, 1981). Oksidativna sposobnost nestaje kad fero oblici mioglobin i oksimioglobin oksidiraju do metmioglobina. Redukcija mioglobina nije reverzibilna, odnosno postaje reverzibilna tek u prisustvu nekog reduktora. Metmioglobin redukcijska aktivnost kod junadi ovisi o tipu mišića (Renerre i Labas, 1987; Reddy i Carpenter, 1991; Madavi i Carpenter, 1993). Razvoj metmioglobina na površini mesa uglavnom ovisi o omjeru mioglobin-oksidacije, enzimu metmioglobin reduktaze i nivou vezanja kisika (Renerre, 1990). Za održavanje poželjne boje svježeg mesa poželjno je kontrolirati i temperaturu pri kojoj se meso hladi, obrađuje ili čuva (Van Laack i Solomon, 1996). Temperatura određuje brzinu promjene oksimioglobina do metmioglobina. Povećanjem temperature smanjuje se stabilnost boje mesa. Hutchins i sur. (1967) otkrivaju da se omjer metmioglobin redukcije smanjuje snižavanjem temperature, te navode da je pri većim temperaturama brže stvaranje metmioglobina. Pri nižoj radnoj temperaturi oksidacija hemoglobina je potpunija i on je stabilniji. Pri temperaturi 30°C kisik prodire samo 2 mm u dubinu mišićja a pri 0°C difuzija dostiže znatnih 14 mm. Snižavanjem temperature smanjuje se potrošnja kisika za biokemijske i mikrobiološke procese u mesu. Preporuka je, stoga, obrađivati hladno svježeg meso na što nižoj temperaturi.

#### *Odnos boje i vrijednosti pH junećeg mesa*

Vrijednost pH mesa bitan je indikator kakvoće junećeg mesa, vezan za boju, nježnost i okus, te sposobnost vezanja vode. Razina pH u uskoj je vezi s početnom količinom glikogena u mišićima.

Istraživanja navode na zaključak da je gubitak rezervi mišićnog glikogena prije klanja nesumnjivo najznačajniji čimbenik o kojem ovisi kakvoća mesa. Pri padu razine mišićnog glikogena ispod kritične točke, strmi je uspon mišićnog pH i velika je vjerojatnost pojave DFD mesa (*engl.* Dark, Firm and Dry beef). Spori i nepotpun pad mišićne pH vrijednosti 24 sata nakon klanja svojstven je tvrdom, suhom i tamnom mesu. Promjena pH u uskoj je vezi s početnom količinom glikogena. Pri maloj količini mišićnog glikogena u mišićima prije klanja, stvaranje mliječne kiseline je ograničeno, što rezultira većim konačnim pH (McIntyre, 2000). Dinamika glikolize i promjene pH u mišićima utječe dvojako na kakvoću mesa. Ukoliko pH pada brzo meso će biti blijedo, meko i vodnjikavo (PSE), dok je spori i nepotpun pad pH vrijednosti 24 sata nakon klanja svojstven tvrdom, suhom i tamnom mesu. Brzina i nivo pada pH u mišiću nakon klanja ukazuje na proces stvaranja mliječne kiseline u mišićima tj. glikolizu (Hofmann, 1988). Poznato je da visoka temperatura može imati znatan utjecaj na brzi pad vrijednosti pH. Beltran i sur. (1993) navode kako je najveći pad pH vrijednosti opažen pet sati nakon klanja životinja; 0,15 jedinica pH pri 0°C i 0,93 pri 36°C. Spori i nepotpuni pad pH vrijednosti ima za posljedicu pojavu DFD mesa (Hofmann, 1988). U standardnim uvjetima kpH (konačni pH) u mišićju junadi postiže se nakon 25 do 35 sati nakon klanja (Honikel i Kim, 1985). U trenutku klanja pH vrijednost u mišićju iznosi 7,0 (Honikel i Kim, 1985) te nakon klanja kpH bude od 5,4 do 5,5. Prema standardu MSA (Meat Standard Australia) svi trupovi s pH vrijednošću preko 5,7 su neprihvatljivi (razvrstani u DFD skupinu). Model MSA zahtjeva da kpH *longissimus thoracis* (LT) mišića (mjenog između 12/13 rebra) treba biti 5,7 ili manji. Poželjni trupovi junadi 24 sata nakon klanja imaju pH vrijednost od 5,3 do 5,7 (Wulf i Wise 1999). Trupovi koji imaju pH vrijednost 5,87 i veću klasificiraju se kao tami prema USDA standardu iz 1997 (Page i sur., 2001). Buchter (1981) navodi da se trupovi junadi čija je kpH do 5,8 smatraju poželjnim, sumnjivim na DFD kada je kpH od 5,8 do 6,2, dok su trupovi čiji je kpH veći od 6,2 nepoželjni jer uglavnom su u skupini DFD trupova. Više je istraživača ukazalo kako je kpH vrijednost povezana s nježnošću junećeg mesa (Purchas, 1990; Watanabe i sur., 1995). Rastom kpH juneće meso postaje manje sočno, mijenjaju mu se svojstva pri kuhanju, ima manje prihvatljiv vizualni izgled i smanjenu nježnost (Shorthose, 1989). Kad je mišićna kpH vrijednost visoka proteini vežu jače i više vode, mišićna vlakna su napuhnuta, ostavljajući time manje prostora između mišićnih vlakana, te je takvo meso tamnije radi manje slobodne vode koja reflektira svjetlo (Ledward i sur., 1992). Pri većim vrijednostima kpH mišića enzimi koji vežu kisik su aktivniji, a rezultat je smanjena oksidacija na površini mioglobina i tamnija boja (Price i Schweigert, 1987; Ledward i sur., 1992). Visoke pH vrijednosti usporavaju proteolitičko djelovanje enzima, koji optimalno djeluju kod kpH 3,8 do 4,5, pa je tamno juneće meso suho i nearomatično (Bučar i Frolich, 1984; Dransfield, 1981). Kad mišić postigne kpH, meso određeno duže vrijeme ostaje nepromijenjeno, a nakon toga pH vrijednost polako počinje rasti tijekom skladištenja mesa.

### *Utjecaj stresa na boju mesa*

Vrijeme "prije-klanja" je vrijeme od napuštanja farme do omamljivanja životinje na liniji klanja, a uključuje utovar i istovar, transport i odmor u stočnom depou. Ono ima značajan utjecaj na ono što se biokemijski događa u mesu nakon klanja, kad mišić prelazi u meso (Butchers i sur., 1998). Tijekom transporta junad može biti izložena različitim stresorima kao što su brza i prisilna kretanja, naprežanja, naguravanja, slom socijalne strukture grupe zbog miješanja junadi koja se ne poznaje, nepoznato okruženje, postupanje sa životinjama tijekom utovara i istovara, kretanje kamiona, buka, vibracije, centrifugalna sila, uvjeti brzine i izmjena svjetla, klimatski uvjeti

(temperatura, vlaga i plinovi, slaba kakvoća zraka), pomanjkanje vode i hrane itd. Sve navedeno uzrokuje tjelesnu iscrpljenost i psihički stres (Kent i Ewbank, 1983; Tennessen i sur., 1984; Tarrant, 1990; Smith i sur., 1993; Shackelford i sur., 1994; Grandin, 1997; Voisinet i sur., 1997; Swanson i Morrow-Tesh, 2001).

Mounier i sur. (2006) ukazuju na sve značajniji znanstveni interes o učinku stresa prije klanja na kakvoću mesa, te iznosi da samo zdrave životinje bez stresa mogu proizvesti meso povoljne kakvoće. Stres je povezan i s gubitkom tjelesne težine žive junadi (Jones i sur., 1988; Warriss, 1993; Cole, 1995), gubitkom u težini trupova, gubitkom intramuskularne masnoće i mišićnoga glikogena (Wood, 1995), smanjenjem ukusnosti mesa (Jerimah i sur., 1992; Fernandez i sur., 1996) ili pojavom DFD-a (Schaefer i sur., 2001). Smatra se da je gubitak tjelesne težine kod junadi uzrokovan gubitkom u sastavu tjelesne tekućine iz mišića i nemišićnih tkiva (Gortel i sur., 1992; Cole, 1995). Dehidracija je često povezana s promjenama u balansu elektrolita, kao što je npr. povećanje aniona (Schaefer i sur., 1994). Tjelesna voda se ne može obnoviti odmah nakon što se junadi dopusti pristup vodi tijekom odmora u prostoru za prihvata i odmor životinja. Shorthose i Wythes (1988) ukazuju da junad gube na težini približno 0,75% po danu ako im se uskrati hrana i voda, premda značajno ovisi o postupanju s junadi (npr. dužini posta, uvjetima prijevoza) i kondiciji same junadi.

Scanga i sur. (1998) iznose kako je DFD meso rezultat stresa koji iscrpljuje zalihe mišićnoga glikogena potrebne za stvaranje mliječne kiseline koja smanjuje pH mišića. Kod zdrave dobro uhranjene junadi koncentracija mišićnoga glikogena iznosi između 60-120 mol/g mišića (Tarrant, 1989; Pethick i sur., 1999). Pethick i sur. (1999) navode značajno višu razinu glikogena (200 mol/g) kod junadi hranjene većim udjelom žitarica. Iscrpljenje zaliha glikogena ovisno je o hranidbi životinja prije transporta (Hartung i sur., 2003; Maraharns i sur., 2003). Immonen i sur. (2000a) ukazuju da ovok bogat energijom štiti junad od potencijalne glikogenske iscrpljenosti. Farmeri koji hranidbi pridaju više pozornosti mogu osigurati hranu koja će junadi prije transporta pomoći da se bolje nosi s fizičkim izazovom transporta (Mounier i sur., 2006). Farmer isto tako može prije samoga završetka tova životinjama dati više dijetetskih energetskih krmiva, povećavajući na taj način količinu glikogena (Mounier i sur., 2006). Isti autori su zapazili zanačajan utjecaj sezone na koncentraciju glikogena u mišićima te navode da je konstantno manja razina glikogena u mišićima u zimskim i ljetnim mjesecima, dok je u proljetnim mjesecima bila veća. Immonen i sur. (2000b) navode da spol nema utjecaja na količinu mišićnoga glikogena junadi. Većina autora koji su proučavali utjecaj stresa prije klanja na pojavu DFD-a uočili su kako se DFD javlja najčešće u mlade junadi (Bryan, 1981; Malik, 1988; Mavračić, 1989; Mavračić i Čavlek, 1990). Manji gubici glikogena u mišićju prije klanja namaju jako negativan učinak na pH i boju mesa. Međutim, ako prije klanja zaliha glikogena padne ispod kritične točke (40-57 mol/g; Tarrant, 1989) tada u mišiću ostaje premalo glikogena za stvaranje dovoljne količine mliječne kiseline, posljedica čega je rast konačnoga pH mesa. Immonen i sur. (2000b) objavljuju kako je najmanje 45 mola glikogena potrebno kako bi pH vrijednost u 1 kg mišića pala sa 7,2 na 5,5. Meso s konačnim pH većim od 5,8 potencijalno se smatra DFD mesom. Takvo meso je tamno, ima povećanu sposobnost vezanja vode, veće je tvrdoće (osobito kod kpH od 5,9 do 6,2), a samim time je podložnije mikrobnom kvarenju. Broj mikroorganizama puno brže raste u mesu s visokim kpH (Paiba i sur., 2002). Jeremiah i sur. (1992) utvrđuju negativan učinak hranidbe i napajanja za vrijeme vožnje prije klanja na nježnost, okus i ukus mesa. Newsome i sur. (1999) ukazuju da praksu hranjenja u "stočnom depou" treba izbjegavati. Mojto i sur. (1998) otkrivaju da na stres prije klanja drukčije reagiraju junice nego junci. Klastrup i sur. (1984) te Huff i Parrish (1993) izvješćuju da spol utječe na boju mesa.

Usporedbom junica i junaca, slobodnim načinom držanja, junci su bili fizički aktivniji tijekom noći, iscrpili su rezerve glikogena, pH vrijednost mesa je bila veća, i učestalija je bila pojava DFD (Mojoto i sur., 1998). Dzeure-Wallays i Pensaert (1984) navode kako se tamno obojeno meso pojavilo u 21,2% muške junadi, 7,2% krava i svega 2,4% junica. Tarrant (1981) je utvrdio od 6 do 10% pojavnosti DFD-a kod ženske junadi, a kod muške junadi 11-15%. Page i sur. (2001) kod ženske junadi utvrđuju značajno nižu ( $P < 0,05$ ) mišićnu pH vrijednost i više  $L^*$  i  $b^*$  vrijednosti u odnosu na mušku junad. Sposobnost životinja da ublaže utjecaj stresora djelomično ovisi o njihovom prijašnjem iskustvu koje je uvjetovano farmskim pristupom životinji (Hemsworth i Coleman, 1998). Život u povezanoj socijalnoj grupi može smanjiti uzbuđenost u stresnim situacijama, osobito kada se životinje znaju od rođenja (Boissy i Le Neindre, 1990). Poznato je da miješanje s nepoznatim životinjama može prouzročiti komešanje, uznemirenost, agonističko ponašanje koje često uzrokuje ozljede, nagnječenja i masnice (Pearson i Kilgour, 1980). Miješanje na bilo kojoj razini povećava agonističko ponašanje, smanjuje dobrobit te kakvoću mesa (Knowles, 1999). Miješanjem junadi različitih grupa smanjuje se koncentracija glikogena i mliječne kiseline, povećava sadržaj masnih kiselina i kortizola, što ukazuje na velike promijene u metabolizmu mišića (Warriss i sur., 1984; Mavračić i Čavlek, 1990). Marenčić i sur. (2009) navode utjecaj miješanja grupa bikova tijekom odmora u stočnom kao jedan od glavnih uzročnika stresa odgovornog za pojavu DFD junećega mesa.

Dužim trajanjem transporta povećava se učestalost pojave DFD-a (Poulanne i Aalto, 1981; Poulanne i Aalto, 1984; Mavračić, 1989; Mavračić i Čavlek, 1990; Čavlek, 1984). Jones i Tong (1987) izvješćuju kako se frekvencija DFD mesa povećava s većom udaljenosti transporta od farme do klaonice (povećavala se od 100 do 300 km), te da je češća pojava DFD-a utvrđena u mesu muške junadi. Pretpostavka je da su muške životinje sklonije glikogenskoj iscrpljenosti prije klanja nego ženske životinje zbog njihovog razdražljivog temperamenta i agresivnog ponašanja (Monin, 2004). Joaquim (2002) je ustanovio 38,34%, 20,01% i 13,34% slučajeva sumnjivih na DFD kod transporta od 422 km, 193 km i 50 km. Gallo i sur. (2003) analizirali su utjecaj transporta od 3 do 16 sati na kakvoću junećega mesa i utvrdili kako je duga vožnja značajno utjecala na gubitak težine, smanjila mišićnu sjajnost i povećala kpH i udio DFD-a. Kratka vožnja junadi (<4 sata) prije klanja ne prouzročuje veći stres (Tarrant, 1989; Grandin, 2000). Brown i sur. (1990) izvješćuju da je transport na dužim udaljenostima ( $\geq 240$  km) povećao učestalost pojave DFD-a (16,4%) nego transport na kraćim udaljenostima te da je viša mjesečna frekvencija DFD mesa bila u ožujku i travnju, dok je niža bila u prosincu.

Obnavljanje izgubljene energije u "stočnom depou" manje je istraženo nego stres i utjecaj stresa prije klanja. Purchas i Aungsupakorn (1993) te Schaefer i sur. (1997) utvrđuju kako smanjenje odmora u "stočnom depou" i dodatak elektrolita imaju pozitivan učinak na smanjenje gubitka težine i pojave DFD-a. Obnavljanje mišićnog glikogena je vrlo bitno za smanjenje pojave DFD (Schaefer i sur., 2001). Rezerve glikogena mogu se obnoviti u "stočnom depou" i junad može povratiti tjelesnu energiju, čak i ako nije hranjena (Warriss i sur., 1984). Knowles (1999) ističe kako je 24 satno razdoblje odmora u "stočnom depou" nužno za oporavak junadi. Taj oporavak nije zapažen kad su grupe životinja bile izmiješane u "stočnom depou" (Price i Tennesen 1981; Kenny i Tennesen., 1987). Kad je junad miješana tijekom odmora u oborima "stočnog depoa", dolazi do međusobnog komešanja, povećana je fizička aktivnost i učestalije se pojavljuje DFD (Price i Tennesseu 1981). Isti autori izvješćuju da je miješanje junadi tijekom odmora u "stočnom depou" povećalo pojavu DFD od 2 do 73%. Mohan (1988) je ustanovio da zajedničko odmaranje miješane junadi samo 1 sat u "stočnom depou" prije klanja može povećati pojavu DFD za 23,5%, te predlaže da držanje miješane junadi preko noći u "stočnom

depou" pa čak i u kratkom razdoblju treba izbjegavati kako bi se smanjila pojava DFD. Buchter (1981) zaključuje da je dužina transporta i vrijeme provedeno u oborima "stočnog depoa", u novom okruženju zajedno s nepoznatom junadi glavni uzrok pojave DFD-a. Mohan i sur. (1992) su istraživali utjecaj međusobnog miješanja nepoznate junadi na parametre boje i pH, tijekom 24 satnog odmora u "stočnom depou". Ustanovili su da miješana junad ima statistički značajno lošije (manje) vrijednosti ( $P < 0,01$ ) za  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ , i višu pH vrijednost, nego nemiješana junad. Junad koja je bila miješana tijekom odmora u "stočnom depou", imala je povećanu razinu kreatinin kinaze, dok je razina glikogena bila na svega 53% od njegove početne razine (Lacourt i Tarrant, 1981). Hedrick (1981) navodi kako odmor prije klanja kod životinja uzrokuje još veći stres ako se životinje međusobno miješaju i time još više umaraju. Gallo i sur. (2003) su analizirali utjecaj transporta od 3 do 16 sati i odmor u "stočnom depou" od 3, 6, 12 i 24 sata na kakvoću junećeg mesa i utvrdili kako je duga vožnja značajno utjecala na gubitak težine, a odmor u "stočnom depou" nakon 16 sati transporta je povećao kpH i udio DFD mesa.

Smatra se da junad odmaranjem u "stočnom depou" mogu dijelom obnoviti izgubljeni glikogen. Preporuka je da minimalni odmor junadi u "stočnom depou" prije klanja traje od 4 do 6 sati, uz napomenu da potrebna dužina odmora najviše ovisi o psihičkom stanju junadi, dužini trajanja prijevoza, vremenu bez hrane, te kondiciji junadi. Duži period odmora (24-48 sati) poželjan je samo kod junadi koja je konstantno putovala na udaljenosti većoj od tisuću kilometara. Skraćenje odmora u "stočnom depou" i dodatak elektrolita imaju pozitivni učinak na smanjenje gubitka tjelesne težine i učestalosti pojave DFD-a. Navodi se da odmor prije klanja kod nekih životinja uzrokuje još veći stres, posebice ako se životinje međusobno miješaju u nove skupine. Obnavljanje izgubljene energije u "stočnom depou" manje je istraženo nego utjecaj stresa prije klanja, no zna se da je obnavljanje mišićnog glikogena vrlo bitno za smanjenje pojave DFD-a.

Većina autora koji su proučavali utjecaj stresa prije klanja na pojavu DFD, uočili su kako se DFD javlja najčešće u mlade junadi (Bryan, 1981; Malik, 1988; Mavračić, 1989; Mavračić i Čavlek, 1990). Junad držana u individualnim oborima prije klanja proizvela je trupove koji su imali 4 ili 5 puta manju pojavnost DFD, nego junad koja je držana u paru (Matzke i sur., 1985). Brown i sur. (1990) izvješćuju da se udio DFD mesa povećao kad je junad koja je bila prevožena sa udaljenih relacija i klana bez odmora. Mounier i sur. (2006) su držali junad u "stočnom depou" 1, 17 i 40 sati prije klanja i pH je pao sukladno toj dužini, pH veći od 6 uočili su samo kod junadi koja je držana 1 ili 17 sati, dok kod junadi koja je držana u "stočnom depou" više od 40 sati pH veći od 6 nije zapažen. Ta studija pokazuje da junad treba držati u "depou" više od 17 sati da se izbjegne pojava DFD mesa. Nadalje Mounier i sur. (2006) navode da je pH vrijednos mesa bila manja, kad je vrijeme odmora u depou bilo duže. Butchers i sur. (1998) su proučavali stres prouzročen transportom na kratkim udaljenostima, interakciju postupanja s junadi prije klanja kao i utjecaj slabe (niske) voltaže elektro stimulacije na kakvoću trupova, te zaključuju da 24 satni post prije klanja je dovoljan da smanji brzinu postmortalnog opadanja pH i da se izbjegne tvrdoća junećeg mesa, te da junad koja je držana na hrani sve do klanja ima dovoljnu razinu glikogena za glikolizu, a slaba voltaža električne stimulacije nije bila potrebna da poveća pad pH vrijednosti. Marenčić i sur. (2012a) sugeriraju da odmor ženske junadi u oborima stočnog depoa prije klanja može imati povoljan utjecaj na kakvoću mesa, dok se odmor muške junadi ne preporuča.

Temperaturni je stres prepoznat kao jedan od najvećih razloga ugrožavanja dobrobiti i zdravlja životinja koji može umanjiti kakvoću mesa ili uzrokovati smrt (Nielsen, 1982; Dantzer, 1982). Poznato je da stres utječe na kakvoću mesa, no malo se zna o izravnom utjecaju sezone na stres i kakvoću mesa (Gardin, 1996). Junad bolje podnosi hladnije, nego toplije temperature (Baker,

1981) te je zbog toga junad u toplijem djelu godine stresno osjetljivija, slabija je tjelesna funkcija što pridonosi povećanju bolesti i mortaliteta (Hahn i Mader, 1997). Kreikemeier i sur. (1998) navode da toplo okruženje razbija ustaljeno životinjsko ponašanje i povećava tjelesni stres koji aktivira glikolizu u skeletnim mišićima. Davis i Mader (2001) navode da okolišne temperature preko 25°C umanju sposobnost junadi da se oslobodi prevelike tjelesne temperature i na taj način uzrokuju stres. Morrison i Lofgreen (1979) navode da se fiziološki stres kod junadi povećava kada temperature rastu od 20,3 do 29,3°C. Grandin (1992) i Smith i sur. (1993) navode da hladno vrijeme (uključujući i količinu oborina) dovodi do drhtanja junadi i stresa. Sauthern i sur. (2006) navode da visoke temperature često uzrokuju toplotnu iscrpljenost, dehidraciju, a ponekad i opekline, dok niske temperature uzrokuju hipotermiju i smrztotine. Scanga i sur. (1998) navode da klimatski čimbenici kao što su minimalne i maksimalne temperature, ambijentalne temperature na sam dan klanja ili nekoliko (1, 2 i 3) dana prije klanja mogu imati značajan utjecaj na pojavnost DFD-a. Reakcije životinja na sezonske uvjete i promjene mogu biti dramatične i treba ih razmatrati u nekoliko uvjeta kako bi se razumio njihov utjecaj na karakteristike kakvoće mesa. Glavne endokrinne reakcije koje se odvijaju tijekom stresa dovode do povećanog lučenja hormona, koji sprečavaju nakupljanje energije, ali istodobno pospješuju iskorištavanje energije iz zaliha životinje (Nelson i Drazen, 2000). Takvi stresni uvjeti dovode do iscrpljenja rezervi mišićnog glikogena, te u konačnici imamo visku pH vrijednost i niske zalihe glukoze (Bray i sur., 1989), što dovodi do povećanja čvrstoće junećega mesa, povećane sposobnosti vezanja vode, ljepljive teksture, smanjenja mišićne sjajnosti i tamnije boje (Devine i sur., 1993; Jeremiah i sur., 1992; Watanable i sur., 1996; Kreikemeier i Unruh, 1993). Grandin (1992) i Smith i sur. (1993) izvješćuju da je pojava DFD junećega mesa bila značajno veća za vrijeme hladnog i vrućeg vremena, te kada su uočene velike fluktuacije (kolebanja) temperatura u vrlo kratkom dnevnom razdoblju. Murray (1989) izvještava da su minimalne i maksimalne temperature utjecale na povećanje pojave DFD-a junećega mesa, za razliku od prosječnih dnevnih temperatura koje su rezultirale manjom pojavom DFD-a. Scanga i sur. (1998) su utvrdili značajno veći ( $P < 0,05$ ) udio DFD junećeg mesa kad su prosječne maksimalne temperature bile iznad 35°C i ispod 0°C, nego kad su temperature bile u intervalu od 0°C do 35°C. Također su utvrdili značajno veći udio DFD-a junećeg mesa ( $P < 0,05$ ) kad je 24 satna temperaturna fluktuacija bila veća od 5,6°C, nego kad je ona bila manja od 5,6°C, te zaključili da temperaturne promjene u vrlo kratkom vremenskom razdoblju mogu značajno povećati stres i razinu učestalosti pojave DFD-a. Mouiner i sur. (2006) navode da su temperature iznad 18°C fizički vrlo zahtjevne za junad u transportu. Munns i Burrell, (1966) navode da u SAD i Kanadi sezona utječe na povećanje DFD-a junećeg mesa i da je najveći udio DFD-a kod junadi utvrđen u kasno proljeće i jesen. Fabiansson i sur. (1984) najveći udio DFD-a kod junadi utvrđuju za vrijeme visokih temperatura od svibnja do kolovoza. Mitlöchner i sur. (2002) utvrđuju veći udio DFD-a kod junadi klane tijekom tople sezone, a kao mogući razlog tome navode da je hladnija sezona vjerojatno bila manje stresnija i da je junad u hladnom razdoblju imala višu razinu glikogena nego junad kalana u toplom djelu sezone. Kladić i sur. (2004) su istraživali utjecaj između junadi klane u hladnoj sezoni od studenog do ožujka s prosječnom temperaturom od 21,2±1,40°C i relativnom vlagom od 57,9±1,61% i tople sezone od travnja do listopada s prosječnom temperaturom od 34±1,67°C i relativnom vlagom od 48,8±7,57% i izvjestili kako su pH vrijednosti i parametri boje bili značajno lošiji ( $P < 0,05$ ) u toploj sezoni (pH=6,24; L\*=31,54; a\*=18,53; b\*=4,16), nego u hladnoj sezoni (pH=5,54; L\*=35,58; a\*=23,19; b\*=6,40). Isti autori navode da je junad klana u toplijem djelu sezone imala značajno veći (59%;  $P < 0,05$ ) udio junećega mesa klasificiranog kao DFD (kpH≥6,0) nego junad klana u hladnijem djelu sezone. Yong Sun Kim i

sur. (2003) su istraživali utjecaj sezone na parametre boje i pH, te utvrdili da je junad imala tamnije meso kad su tempetaure bile manje od 5°C i veće od 25°C nego kad su između 5°C i 25°C tj. navode kako je meso značajno tamnije ( $P < 0,05$ ) bilo u ljetnom i zimskom periodu. Marenčić i sur. (2012b) su također utvrdili značajan ( $P < 0,05$ ) utjecaj sezone kao i dužine transporta na boju mesa simentalke junadi.

### Zaključak

Pojavnost tamnog, suhog i tvrdog junećeg mesa značajan je problem u proizvodnji junećeg mesa. Takovo meso je niže uporabne i ekonomske vrijednosti. Brojna istraživanja ukazuju da je stres prije klanja jedan od glavnih uzroka pojavnosti DFD mesa junadi. Potencijalni stresori su brojni a za njihovo eliminiranje potrebno je ih prepoznati i razumjeti njihovo djelovanje. Stres uvjetovan neprimjerenim utovarom ili istovarom junadi treba eliminirati korištenjem ogovarajućih utovarnih rampi bez pretjerane uporabe, prisile, štapova ili elektorstimulacije u poticanju kretanja životinja. Nedovoljna ukupna površina i volumen prijevoznog sredstva, posebice tijekom većih okolišnih temperatura pojačava iscrpljenost životinja. Stoga, prijevoz junadi treba činiti pri povoljnijim okolišnim temperaturama, uz osiguranu prihranu, napajanje i odmor životinja. Miješanje junadi iz različitih grupa potiče nadmetanje i povećava stres, što dovodi do glikogenske iscrpljenosti mišićja prije klanja. Odmor životinja u "stočnom depou" pogoduje obnovi razine mišićnog glikogena jedino ukoliko se osigura primjereno vrijeme odmora i pogodno okruženje. Navedene stresore moguće je najčešće eliminirati uz bolje organizacijsko vođenje postupka pripreme junadi za klanje.

### LITERATURA

1. Andersen, H.J., Bertelsen, G., Skibsted, L. (1988): Salt effect on acid catalysed autoxidation of oxymyoglobin. *Acta Chemica Scandinavica A42*: 226-236.
2. Atkinson, J.L., Follet, M.J. (1973): Biochemical studies on the discoloration of fresh meat. *Journal of Food Technology* 8: 51-58.
3. Beltran, J.A., Jaime, I., Cena, P., Roncales, P. (1993): Rigor mortis development in lamb dorsi. Effect of temperature. *Fleischwirtschaft* 73: 99-101.
4. Bendall, J.R., Taylor, A.A. (1972): Consumption of oxygen by muscles of beef animals and related species. II. Consumption of oxygen by post-rigor muscle. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 23: 707-719.
5. Bertelsen, G., Skibsted, L.H. (1987): Photooxidation of oxymyoglobin-wavelength dependence and quantum yields in relation to light discoloration of meat. *Meat Science*, 19: 243-251.
6. Bevilacqua, A.E., Zaritzky, N.E. (1986): Rate of pigment modifications in packaged refrigerated beef using reflectance spectrometry. *Journal of Food Processing and Preservation* 10: 1-18.
7. Boissy, A., Le Neindre, P. (1990): Social influences on the reactivity of heifers: Implications for learning abilities in operant conditioning. *Applied Animal Behaviour Science* 25: 149-165.
8. Brown, W.D., Mebine, L.B. (1969): Autoxidation of oxymyoglobin. *Journal of Biological Chemistry* 244: 6696-6701.
9. Brown, S.N., Bevis, E.A., Warriss, P.D. (1990): A estimate of the incidence of dark cutting beef in the United Kingdom. *Meat Science* 27: 249-258.
10. Bryan, F.L. (1981): Hazard analysis food service operations. *Food Tehnology* 35: 78-82.
11. Buchter, L. (1981): In the problem of dark-cutting in beef. *Current topics in Vet. Med. and Anim. Sci.*, 10: 289.
12. Bučar, F., Frolich, A. (1984): Naučne osnove procesne kontrole kvalitete mišića. Zbornik radova "Postmortalne promene mesa, elektrostimulacija i DFD meso" NIM '84. Subotica. str. 187-192.
13. Butchers, A.D.M., Ferguson, D.M. Devine, C.E., Thompson, J.M. (1998): Interaction between pre-slaughter handling and low voltage electrical stimulation and the effect on beef quality. *Proceedings of the International Congress of Meat Science and Technology* 44:1050-1051.



14. Cole, N.A. (1995): Influence of a three-day feed and water deprivation period on gut fill, tissue weights and tissue composition in mature wethers. *Journal of Animal Science* 73: 2548–2557.
15. Čavlek, B. (1984): Utjecaj elektrostimulacije na boju mesa. Zbornik radova "Postmortalne promene mesa, elektrostimulacija i DFD meso" NIM '84, str. 125-127.
16. Dantzer, R. (1982): Research on farm animal transport in France: a survey. U: *Transport of animals intended for breeding, production and slaughter* (ur: Moss, R.), Martinus Nijhoff Publisher, Hague, str. 218-231.
17. Dransfield, E. (1981): Eating quality of DFD beef. U: *The problem of dark cutting beef* (ur: Hood, D.E., Tarrant P.V.), Martinus Nijhoff Publisher, Hague.
18. Faustman, C., Cassens, R.G. (1990): The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *Journal of Muscle Foods* 1: 217-243.
19. Feldhusen, F., Warnatz, A., Erdman, R., Wenzel, S. (1994): Bedeutung des Sauerstoffpartialdruckprofils für die Farbe von Schweinemuskeloberflächen. *Archiv für Lebensmittelhygiene* 45: 36-38.
20. Fernandez, X., Monin, G., Culioli, J., Legrand, I., Quilichini, Y. (1996): Effect of duration of feed withdrawal and transportation time on muscle characteristics and quality in Friesian-Holstein calves. *Journal of Animal Science* 74: 1576–1583.
21. Gallo, C., Lizondo, G., Knowles, T.G. (2003): Effects of journey and lairage time on steers transported to slaughter in Chile. *Vet. Record.* 152: 361-364.
22. George, P., Stratmann, C.J. (1952): The oxidation of myoglobin to metmyoglobin by oxygen 2. The relation between the first order rate constant and the partial pressure of oxygen. *Biochemical Journal* 51: 418-425.
23. Giddings, G.G. (1977): The basis of color in muscle foods. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 9: 81-114.
24. Gortel, K., Schaefer, A.L., Young, B.A., Kawamoto, S.C. (1992): Effects of transport stress and electrolyte supplementation on body fluids and weights of bulls. *Journal of Animal Science* 72: 547-553.
25. Govindarajan, S. (1973): Fresh meat colour. *CRC Critical Reviews in Food Technology* 1: 117-140.
26. Grandin, T. (1992): Handling and welfare of livestock in slaughter plants. U: *Livestock Handling and Transport* (ur: Grandin, T.), CAB International, Wallingford, UK.
27. Grandin, T. (1997): Assessment of stress during handling and transport. *Journal of Animal Science* 75: 249-257.
28. Grandin, T. (2000): Behavioural principles of handling cattle and other grazing animals under extensive conditions. U: *Livestock Handling and Transport* (ur: Grandin, T.), CAB International, Wallingford, UK.
29. Hartung, J., Marahrens, M., Holleben, K.V. (2003): Recommendations for future development in cattle transport in Europe. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 110: 128-130.
30. Hedrick, H.B. (1981): Preventive treatments during the pre-slaughter period. U: *The problem of dark cutting beef* (ur: Hood, D.E., Tarrant P.V.), Martinus Nijhoff Publishers. Hague.
31. Hedrick, H.B., Aberle, E., Forrest, J., Judge, M.D., Mertkel, R.A. (1996): *Principles of Meat Science*. 3rd edition. Kendall/Hunt Publishing Company. New York.
32. Hemsworth, P.H., Coleman, G.J. (1998): Human-livestock interactions: The stockperson and the productivity and welfare of intensively farmed animals. CAB Int., Oxon/New York.
33. Hofmann, K. (1988): pH, a quality criterion for meat. *Fleischwirtschaft* 53: 14-22.
34. Honikel, K.O., Kim V.J. (1985): Über die Urshachen der Entstehung von PSE – Schweinefleisch. *Fleischwirtschaft* 50: 1125-1128.
35. Honikel, K.O. (1998): Reference method for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* 49: 447-457.
36. Huff, E.S., Parrish, F.C. (1993). Bovine longissimus dorsi muscle tenderness as affected by post mortem ageing time, animal age and sex. *Journal of Food Science*, 58: 718.
37. Hutchins, B.K., Liu, T.H.P., Watts, B.M. (1967): Effects of additives and refrigeration on reducing activity and metmyoglobin, and malonaldehyde of raw ground beef. *J. Food Sci.* 32: 214-217.
38. Immonen, K., Ruusunen, M., Hissa, K., Puolanne, E. (2000a): Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. *Meat Sci.* 55: 25-31.
39. Immonen, K., Schaefer, D.M., Puolanne, E., Kauffman, R.G., Nordheim, E.V. (2000b): The relative effect of dietary energy density on repleted and resting muscle glycogen concentrations. *Meat Science* 54: 155-162.
40. Jeremiah, L.E., Schaefer, A.L., Gibson, L.L. (1992): The effect of ante mortem feed and water withdrawal, ante mortem electrolyte supplementation and post mortem electrical stimulation on the palatability and consumer acceptance of bull beef after aging (6 days at 1°C). *Meat Sci.* 32: 149–160.

41. Joaquim, C.F. (2002): Efeitos da distancia de transporte em parâmetros postmortem de carcaças bovinas. Master degree Dissertation. Veterinary Medicine Faculty, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brazil.
42. Jones, S.D.M., Schaefer, A.L., Tong, A.K.W., Vincent, B.C. (1988): The effects of fasting and transportation on beef cattle. Body component changes, carcass composition and meat quality. *Livestock Production Science* 20: 25–35.
43. Jones, S.D.M., Tong, A.K.W. (1987): Factors influencing the commercial incidence of dark cutting beef in Saskatchewan. Mimeograph Report. Agriculture Canada, Lacombe, Alberta.
44. Kenny, F.J., Tarrant, P.V. (1987): The reaction of young bulls to short-haul road transport. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 17: 209–227.
45. Kent, J. E., Ewbank, R. (1983): The effect of road transportation on the blood constituents and behaviour of calves. I. Six months old. *Br. Vet. J.* 139: 228–235.
46. Klastrup, S., Cross, H.R., Schanbacher, B.D., Mandigo, R.W. (1984) Effects of castration and electrical stimulation on beef carcass quality and palatability characteristics. *Journal of Animal Science* 58: 75.
47. Knowles, T.G. (1999): A review of the road transport of cattle. *The Vet. Record* 144: 197–201.
48. Lacourt, A., Tarrant, P.V. (1981): Selective glycogen depletion and recovery skeletal muscles fibre types and young bulls subjected to a behavioral stress. U: The problem of dark cutting beef (ur: Hood, D.E., Tarrant, P.V.), Martinus Nijhoff Publishers. Hague.
49. Ledward, D.A. (1991): Meat color stability. *Journal of Food Science* 56: 7
50. Ledward, D.A., Johnston, D.E., Knight, M.K. (1992): The Chemistry of Muscle-Based Foods. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Cambridge, U.K.
51. Liu, Q., Lanari, M.C., Schaefer, D.M. (1995): A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. *Journal of Animal Science* 73: 3131-3140.
52. Madavi, D.L., Carpenter, C.E. (1993): Ageing and processing affect color, metmyoglobin reductase and oxygen consumption of beef muscles. *Journal of Food Science* 58: 939- 942.
53. Malik, B.S. (1988): A laboratory manual of veterinary bacteriology, mycology and imunology. Sec. Ed. CBS Publisher. New Dehli.
54. Marenčić, D., Ivanković, A., Pintić, V., Horvat-Marković, R., Horvat, M., Konjačić, M., Kelava, N. (2009): Effects different transport period and mixing of groups on meat quality of simmental bulls. *Stočarstvo* 63: 251-261.
55. Marenčić, D., Ivanković, A., Pintić, V., Keleva Ugarković, N., Jakopović, T. (2012a): Effect of pre-slaughter rest period on some physicochemical properties of Simmental beef. *Stočarstvo* 66: 253-262.
56. Marenčić, D., Ivanković, A., Pintić, V., Kelava, N., Jakopović, T. (2012b): Effect of the transport duration time and season on some physicochemical properties of beef meat. *Archiv für Tierzucht* 55: 123-131.
57. Matzke, P., Alps, H., Strasser, H., Gunter, I. (1985): Bull fattening under controlled management slaughtering conditions. *Fleisch* 65: 389-393.
58. Mavračić, Z. (1989): Utjecaj premortalnih činilaca na količinu glikogena i pojavu tamnog goveđeg mesa. Magistarski rad. Agronomski fakultet, Zagreb, str. 126.
59. Mavračić, Z., Čavlek, B. (1990): Utjecaj transporta na koncentraciju glikogena, vrijednost pH i boju m.longissimus dorsi bikova. *Podravka* 8: 1-4.
60. McIntyre, B. (2000): Farmnote 61/00: Reducing dark-cutting in beef carcasses.
61. Mohan R.A.B. (1988): Biochemical, Physiological and Behavioural Parameters as Determinants of Meat Quality. PhD Thesis submitted to The Queen's University of Belfast
62. Mohan R.A.B., Moss, B.W., Rice, D.A., Kilpatrick, D.J., McCaughey, A., McLauchlan, W. (1992): Effect of mixing male sex types of cattle on their meat quality and stress-related parameters. *Meat Science* 32: 367–386.
63. Mojto, J., Dubravicky, J., Palanska, O., Lahucky R., Zauiec, K. (1998): Comparison of physical activity of socially unstable bulls and steers before slaughter and its effect on meat quality. *Proceedings of the International Congress of Meat Science and Technology* 44: 1044-1045.
64. Monin, G. (2004): Colour and texture deviations. U: *Encyclopedia of Meat Sciences* (ur: Jensen, W.K., Devine C., Dikeman, M.), Elsevier Academic Press, London, str. 323-330.
65. Mounier, L., Dubroeuq, H., Andanson, S., Veissier, I. (2006) Variations in meat pH of beef bulls in relation to conditions of transfer to slaughter and previous history of the animals. *Journal of Animal Science* 84: 1567-1576.
66. Newsome, T., Ferguson, D.M., Egan, A.F. (1999): The effect of *Bos indicus* content, pre-slaughter treatment and tenderstretch on beef eating quality. U: *Proceedings of the 445h International Congress of Meat Science and Technology*, str. 462.

67. Nielsen, N.J. (1982): Recent results for investigations of transportation of pigs for slaughter. U: Transport of animals intended for breeding, production and slaughter (ur: Moss, R.), Martinus Nijhoff Publisher, Hague, str. 115-124.
68. O'Keefe, M.O., Hood, D.E. (1982): Biochemical factors influencing metmyoglobin formation on beef from muscles of differing color stability. *Meat Science* 7: 209-228.
69. Page, J.K., Wulf, D.M., Schwotzer, T.R. (2001): A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science* 79: 678-687.
70. Paiba, G.A., Gibbens, J.C., Pascoe, S.J.C., Wilesmith, J.W., Kidd, S.A., Byrne, C., Ryan, J.B.M., Smith, R.P., McLaren, I.M., Futter, R.J., Kay, A.C.S., Jones, Y.E., Chappell, S.A., Willshaw, G.A., Cheasty, T. (2002): Faecal carriage of verocytotoxin producing *Escherichia coli* 0157 in cattle and sheep at slaughter in Great Britain. *The Veterinary Record* 150: 593-598.
71. Pearson, A.J., Kilgour, R. (1980): The transport of stock-an assessment of its effects. U: Behaviour in Relation to Reproduction, Management and Welfare of Farm Animals (ur: Edey, T.N., Lynch, J.J.), Reviews in Rural Science IV, Ed. Wodzicka-Tomaszewska, Qld Meat Industry Organization and Marketing.
72. Pethick, D.W., Cummins, L., Gardner, G.E., Knee, B.W., McDowell M., McIntyre B.L., Tudor G., Walker P.J., Warner, R.D. (1999): The regulation of glycogen level in the muscle of uminants by nutrition. Presented at Recent advances in Animal Nutrition conference (Armidale, Australia).
73. Poulanne, E., Aalto H. (1981): The incidence of dark-cutting beef young bulls in Finland. U: The problem of dark cutting beef (ur: Hood, D.E., Tarrant, P.V.), Martinus Nijhoff . Hague.
74. Poulanne, E., Aalto, H. (1984): Factors bearing on the formation of DFD meat. Proceeding 30th European Meeting Research of Meat Workers. Bristol. str. 169-174.
75. Price, M.A., Tennessen, T. (1981): Preslaughter management and dark-cutting in the carcasses of young bulls. *Journal of Animal Science* 61: 205-208.
76. Price, J.F., Schwiegert, B.S. (1987): *The Science of Meat and Meat Products*. 3rd ed. Food and Nutrition Press, Westport, CT.
77. Purchas, R.W. (1990): An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Science* 27: 129-140.
78. Purchas, R.W., Aungsupakorn, R. (1993): Further investigations into the relationship between ultimate pH and tenderness for beef samples from bulls and steers. *Meat Science* 34: 163-178.
79. Reddy, I.M., Carpenter, C.E. (1991): Determination of metmyoglobin reductase activity in bovine skeletal muscles. *Journal of Food Science* 56: 1161-1164.
80. Renerre, M., Labas, R. (1987): Biochemical factors influencing metmyoglobin formation in beef muscles. *Meat Science* 19: 151-165.
81. Renerre, M. (1990): Review: Factors involved in the discoloration of beef meat. *International Journal of Food Science and Technology* 25: 613-630.
82. Renerre, M., Anton, M., Gatellier, P. (1992): Autoxidation of purified myoglobin from two bovine muscles. *Meat Science* 32: 331-342.
83. Ringkop, T.P. (1996): Image analysis to measure colour changes in fresh retail beef steaks. 42nd International Congress of Meat Science and Tehnology, Norway, str. 264-266.
84. Scanga, J.A., Belk, K.E., Tatum, J.D., Grandin, T., Smith, G.C. (1998): Factors contributing to the incidence of dark cutting beef. *Journal of Animal Science* 76: 2040-2047.
85. Schaefer, A.L., Dubeski, P.L., Aalhus J.L., Tong, A.K.W. (2001): Role of nutrition in reducing antemortem stress and meat quality aberrations. *J.Anim.Sci.* 79: 91-101.
86. Schaefer, A.L., Jones, S.D., Stanley, R.W. (1997): The use of electrolyte solutions for reducing transport stress. *Journal of Animal Science* 75: 258-265.
87. Schaefer, A.L., Stanley, R.W., Tong, A.K.W., Jones, S.D.M. (1994): Effect of transport and handling stress on vascular ions in cattle: Response to electrolyte therapy. U: Proc. Soc. Nutr. Physiol., Willigen, Germany, str. 229.
88. Shackelford, S.D., Koohmaraie, M., Wheeler, T.L., Cundiff L.V., Dikeman, M.E. (1994): Effect of biological type of cattle on the incidence of the dark, firm and dry condition in the longissimus muscle. *Journal of Animal Science* 72: 337-343.
89. Shikama, K., Sugawara, Y. (1978): Autoxidation of native oxymyoglobin. Kinetic analysis of the pH profile. *European Journal of Biochemistry* 91: 407-413.
90. Shorthose, W.R. (1989): Dark cutting in sheep and beef carcasses under the different environments in Australia. U: Dark cutting in cattle and sheep (ur: Fabiansson, S.U., Shorthose, W.R., Warner, R.D.), Austrlian Meat and Livestock Research and Development Corporation, Sydney, str. 68-73.

91. Shorthose, W.R., Wythes, J.R. (1988): Transport of sheep and cattle. Proc. 34th Int. Congr. Meat Sci. and Technol., Brisbane, Australia, str. 122–129.
92. Smith, G.C., Tatum, J.D., Morgan, J.B. (1993): Dark cutting beef. physiology, biochemistry and occurrence. Colorado State University, Fort Collins.
93. Steinhauser, L. (1995): Hygiena a technologie masa. Steinhauser s.r.o. Tišnov, str.13-79.
94. Stewart, M.R., Zipser, M.W., Watts, B.M. (1965): The use of reflectance spectrophotometry for the assay of raw meat pigments. Journal of Food Science 30: 464- 468.
95. Swanson, J.C., Morrow-Tesch, J. (2001): Cattle transport: Historical, research and future perspectives. Journal of Animal Science 79: 102-109.
96. Tarrant, P.V. (1981): The occurrence, cause and economic consequences of dark cutting in beef. A survey of current information. U: The problem of dark cutting beef (ur: Hood, D.E., Tarrant, P.V.), Martinus Nijhoff Publisher. Hague, str. 3-34.
97. Tarrant, P.V., Kelly, F.J., Harrington, D. (1988): The effect of stocking density during 4 hour transport to slaughter, on behavior, blood constituents and carcass bruising in Friesian steers. Meat Science 24: 209-222.
98. Tarrant, P.V. (1989): Animal behaviour and environment in the dark-cutting condition in beef-a review. Irish Journal of Food Science and Technology 13: 1-21.
99. Tarrant, P.V. (1990): Transportation of cattle by road. Appl. Anim. Behav. Sci. 28: 153-70.
100. Tennessen, T., Price M.A., Berg, R.T. (1984): Comparative responses of bulls and steers to transportation. Can. J. Anim. Sci. 64: 333-338.
101. Van Laack, H.L., Solomon, M.B. (1996): The effects of post mortem temperature on pork colour and waterholding capacity. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service.
102. Voisinet, B.D., Grandin, T., O'Connor, S.F., Tatum, J.D., Deesing, M.J. (1997): Bos Inducs -cross feedlot cattle withexcitable temperaments have tougher meat and higher incidence of borderline dark cutters. Meat Science 46: 367-377.
103. Warriss, P.D., Kestin, S.C., Brown, S.N., Wilkins, L.J. (1984): The time required for recovery from mixing stress in young bulls and the prevention of dark-cutting beff. Meat Science 32: 59-64.
104. Warriss, P.D. (1993): Ante-mortem factors which influence carcass shrinkage and meat quality. Proc. 39th Int. Congr. Meat Sci. Technol., Calgary, AB, Canada, str. 51-65.
105. Watanabe, A., Daly, C.C., Devine, C.E. (1995): The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. Meat Science 42: 67-78.
106. Watts, B.M., Kendrick, J., Zipser, M.W., Hutchins, B., Saleh, B. (1966): Enzymatic reducing pathways in meat. Journal of Food Science 31: 855-862.
107. Wood, J.D., Enser, M., Nute, G.R. (1995): New feeding regimes to improve meat quality. In Proceedings of International Developments in Process Efficiency and Quality in the Meat Industry, The National Food Centre, Dublin.
108. Wulf, D.M., Wise, J.W. (1999): Measuring muscle color on beef carcasses using the L\*a\*b\* color space. Journal of Animal Science 77: 2418–2427.

## EFFECT OF PRE-SLAUGHTER STRESS ON COLOR OF BEEF MEAT

### Summary

Beef producers often encounter undesirable colour, primarily dark firm dry meat (DFD). Consumers will reject such meat, supposing that it comes from old or sick animal. Therefore, a major emphasis in beef production is placed on control and sustainable meat colour. Dark meat is one of the leading problems which causes millions of losses to meat industry and therefore it is the subject of numerous studies. Results show that pre-slaughter stress is a major cause of dark firm dry meat which is the consequence of low muscle glycogen decreasing synthesis of lactic acid and increasing ultimate pH value (upH). An increase of upH increases light absorption and water-holding capacity which leads to formation of undesirable dark firm dry meat.

Key words: cattle, meat, stress, quality, colour.

Primljeno: 02.03.2015.