

## „UTICAJ ODREĐENIH STRESOGENIH FAKTORA NA KVALITET GOVEĐEG MESA“

Vladimir Kurćubić<sup>1</sup>, Slaviša Stajić<sup>2</sup>, Nemanja Miletić<sup>1</sup>

**Izvod:** Stres se neizbežno javlja u modernom govedarstvu, u lancu proizvodnje goveđeg mesa, od farme do klanice. Efekti stresa na ponašanje, fiziološki status i kvalitet mesa su ispitivani od strane većeg broja autora. Mehanizam efekata stresa na fiziološke i biohemijske promene i posledični efekti na attribute kvaliteta mesa su nedovoljno poznati. Ovaj pregled prikazuje primarne faktore stresa koji utiču na dobrobit životinja i uzrokuju biohemijske promene tokom ranog postmortalnog perioda, što umanjuje kvalitet trupova i njihov nutritivni kvalitet. Da bi se dobilo meso visokog kvaliteta, potrebne su dalje studije na razotkrivanju kompleksnih, gore pomenutih, mehanizama.

**Ključne reči:** stres, kvalitet goveđeg mesa, unutrašnji i spoljašnji stresori

### Uvod

Stres se javlja pri izlaganju životinja unutrašnjim ili spoljnim stresorima, koji remete normalnu fiziološku ravnotežu, i narušavaju homeostazu organizma (Wiepkema and Koolhaas, 1993.). Biologija stresa aktivira autonomni nervni sistem i osu hipotalamus-hipofiza-nadbubrežna žlezda (hypothalamic-pituitary-adrenal - HPA) (Moberg, 2000.). Autonomni odgovor, posredovan kateholaminima (adrenalin i noradrenalin), pokreće se kao reakcija na stresore koji zahtevaju brzi odgovor i uključuju više metaboličkih efekata.

*Oslobađanje glukokortikoida (kortizola)* nastaje aktivacijom HPA ose, i pojačava metaboličke efekte kateholamina, iako je odgovor obično sporiji (Moberg, 2000.). Povećan nivo hormona stresa u mišićima dovodi do *post mortem* metaboličkih/strukturnih modifikacija, koje se odražavaju se na kvalitet mesa. Istraživanja metaboličkog efekta ubrizgavanja jagnjadima adrenalina ili kortizola, kako bi se simulirao animalni model akutnog stresa. Rezultati ukazuju da injekcije adrenalina ili kortizola dovode do ubrzanog metabolizma glukoze i rasta temperature mišića. Tretman adrenalinom je uticao na pH mišića, neposredno *post mortem*. Sposobnost vezivanja vode (Water Holding Capacity - WHC) svežeg mišića, krajnji pH mišića i temperatura registrovani 24 sata *post mortem* nisu bili pod uticajem aplikovanih hormona. Tvrdoca i adhezivnost LD mišića procenjeni 3 dana *post mortem* imaju tendenciju povećanja, usled delovanja adrenalina ili kortizola. Rezultati pokazuju da su ubrizgani hormoni uticali *post mortem* na

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Republika Srbija ([vkurcubic@kg.ac.rs](mailto:vkurcubic@kg.ac.rs));

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11080, Beograd - Zemun, Republika Srbija;

biohemiju mišića i krivu pH/t°, nezavisno od krajnjeg pH mišića (Pighin et al., 2013.).

Najčešći problemi koje izaziva stres kod goveda su gubitak težine, povrede trupa i promena kvaliteta mesa, posebno zbog povećanja pH (>5,8), koji utiče na mekoću i boju mesa - tamno meso (Lomiwes et al., 2014.; Carvalho dos Santos, 2019.).

### **Stresogeni faktori koji utiču na kvalitet goveđeg mesa**

*Transport životinja* izaziva stresne reakcije. Glavni faktori su gustina utovarene stoke, ambijentalni uslovi, trajanje transporta i ljudski faktor (Knovles & Varriss, 2007.; Adzitei & Nurul, 2011.; Schwartzkopf-Genswein et al., 2012.). Oni utiču na dobrobit životinja i osobine kvaliteta mesa (težinu trupa, pH mišića, sposobnost vezivanja vode i boju mesa). Posle klanja i obrade nakon klanja, trupovi se najčešće ocenjuju u skladu sa pravilima EUOP sistema (Węglarz, 2010.).

Merenje rektalne temperature ispitivanih goveda ukazuje da produženje transporta povećava rektalnu temperaturu, pa služi kao indikator sindroma stresa kod bikova. Pored merenja rektalne temperature kao pokazatelja sindroma stresa, kod goveda se danas koriste druge metode (Delić et al., 2014.):

- Merenje temperature pomoću infracrvene tomografije;
- Merenje kortizola u pljuvački i krvi - Opšti adaptacioni sindrom ukazuje na povećanu koncentraciju kortizola tokom stresa.
- Merenje kortizola u dlaci - najnovija metoda 21. veka, koja može odrediti čak i vreme pojave stresa, pa će u budućnosti biti moguće da se odredi da li je stres nastao pre nekoliko dana, nedelja ili čak meseci.

*Lučenje hormona adrenalne žlezde* je reakcija životinja na stresore. Organizam na stresore reaguje lučenjem hormona, što se naziva opšti adaptacioni sindrom, koji ima za posledicu pojavu *DFD mesa* (Dark-tamno, Firm-čvrsto i Dry-suvo). DFD meso ima posebne fizičko-hemijske i tehnološke osobine, prouzrokovane modernim načinom uzgoja i tova mladih goveda za klanje i metodama njihove komercijalizacije, transporta i postupaka pre klanja. EU je donela brojne regulative koje propisuju uslove transporta životinja, radi obezbeđivanja minimalnih zahteva za dobrobit određene vrste životinja i minimiziranju stresora naročito štetnih u proizvodnji junećeg mesa. Direktiva Council 91/698/EC detaljno definiše uslove transporta životinja. Dopunjena je direktivom Council Directive 95/29/EC, Reg. 97/174, Reg. 98/05, u segmentu uslova transporta, definicije ruta transporta, broja životinja po kvadratnom metru i maksimalnog vremena provedenog u transportu. Rezultati ispitivanja pH<sub>24</sub> *M. longissimus dorsi* mladih bikova transportovanih na klanje sa distance od 150 km pokazali su da je 28% ispitivanih mišića imalo pH<sub>24</sub> 6,0 ili >6,0. Vrednosti pH<sub>24</sub> *M. longissimus dorsi* mladih bikova koji su transportovani na klanje sa razdaljine od 15 km bile su u dozvoljenim granicama, a meso nije imalo karakteristike DFD mesa (Aleksić et al., 2006.).

*Dobrobit životinja* zaokuplja pažnju istraživača i stručnjaka, i razmatra se kao kritična tačka za kvalitet mesa i bezbednost hrane (Keeling, 2005.; Schwartzkopf-Genswein et al., 2012.). Vrsta, trajanje, i intenzitet stresora i osetljivost goveda na

njih su od velike važnosti za dobrobit životinja i kvalitet mesa. Efekti stresora na kvalitet mesa, koji deluju pred klanje grla, ogledaju se u snažno izraženim nedostacima kvaliteta mesa, modricama, krvarenjima i obimnijim širenjem patogena. Degradacija mesa i mesnih prerađevina izaziva ogromne ekonomske gubitke u mesnoj industriji. U zavisnosti od vrste stresora, njihov uticaj se reperkutuje na vrednije delove trupa. U zavisnosti od izvora stresa, životinje pokazuju strah, dehidraciju i glad, povećan umor i fizičke povrede, doprinoseći potencijalu promena njihove energetske homeostaze, unutarćelijske dinamike jona, proteaznog sistema i proteina u skeletnim mišićima (Ouali et al., 2006.; Scheffler & Gerrard, 2007.).

*Odgovor na stres* je složen i multivarijantan, a interakcije među stresorima dovode do nepredvidivih odgovora životinja (Bianchi et al., 2006.). Varijabilnost u učestalosti tamnog goveđeg i ovčijeg isečenog mesa između životinja iste rase, hranjenih na isti način i transportovanih u istu klanicu, pripisana je različitim upravljačkim praksama i individualnoj osetljivosti na stres (Ponnampalam et al., 2017.).

Za sve životinjske vrste su presudne njihove reakcije na *promene ambijenta*, povezane sa temperaturom, posebno sa *toplotnim stresom*. Mortaliteta usled toplotnog stresa uključuje uginuća kod ovaca izloženih suncu i veliku smrtnost goveda i živine izložene transportu pri visokoj temperaturi okoline, po dolasku u klanicu (Gregory, 2010.). Kod *Bos indicus* goveda izloženih visokoj temperaturi ambijenta, javlja se DFD meso (Wheeler et al., 2001.). Rizik od kontaminacije trupova živine i svinja sa *E. coli* i *Salmonelom* se povećavao tokom sezonskog toplotnog stresa (Gregory, 2010.).

*Manipulisanje životinjama pre klanja* uključuje uskraćivanje hrane/vode, transport, smeštaj, omamljivanje, transportno pakovanje, vezivanje i druge procedure, koje izazivajući stres utiču na kvalitet mesa životinja. Za većinu preživara, period uskraćivanja hrane je obično kraći od 24 sata. U nekim situacijama taj period se može produžiti na 36 do 48 sati. Na klanicama se preporučuje da pristup vodi bude nesmetan, da bi se životinje rehidrirale tokom odmora, posebno kada je visoka temperatura okoline (Ferguson & Warner, 2008.).

*Produženo vreme boravka u stočnom depou klanice* dovodi do učestale pojave DFD i oštećenja kože. Dokazana je visoka pozitivna korelacija između produženog boravka goveda u stočnom depou sa povećanim sadržajem laktata u krvi, modricama, i tamnijom bojom mesa (Dokmanovic et al., 2015.; Carrasco-García, 2020.).

*Ambijentalni uslovi tokom odmora u depou* (temperatura, nivo buke, prenaseljenost objekta, međusobna borba goveda) i pravilan odabir i primena metoda za omamljivanje goveda u velikoj meri utiču na nivo stresa i kvalitet njihovog mesa. Nivo stresa indirektno zavisi od unutrašnjih faktora, npr. pola, starosti i zdravstvenog stanja.

*Oksidativni stres* nastaje usled viška slobodnih radikala, koji štetno deluju na ćelijske biomakromolekule (DNK, proteine i lipide). Oksidacija je glavni uzrok koji utiče na funkcionalnost proteina mišića, senzorni i nutritivni kvalitet animalnih

proizvoda i njihov rok trajanja (Zhang et al., 2013.). Visoke temperature ambijenta i oksidisani obroci najviše utiču na oksidativni stres životinja. Nakon hlađenja, trupovi jagnjadi hranjenih visokoenergetskom koncentrovanom hranom imali su viši nivo proteinskih karbonila od jagnjadi hranjenih na paši (Santé-Lhoutellier et al., 2008.). Regulacija pre klanja NO sintaze (NOS) indukovane izmenjenom nitrozilacijom utiče na nežnost jagnječeg mesa *postmortem* (Cottrell et al., 2008.; Cottrell, et al., 2015.). Na kvalitet mesa utiču i poremećaji dobrobiti životinja, a genetska osnova izaziva varijacije u reaktivnosti životinja na stres.

### **Savremeni koncepti regulisanja formiranja kvaliteta mesa**

*Mutacije u sistemu miostatina i kalpaina preživara* imaju direktnu vezu sa nežnošću mesa (Warner et al., 2010.). Dodavanje obrocima vitamina E ili polifenolnih jedinjenja poboljšava dobrobit životinja i antioksidativni status u uslovima stresa (Falovo et al., 2014.; Zhang et al., 2017.) i poboljšava oksidativnu stabilnost i senzorne atribute proizvoda animalnog porekla tokom prerade (Rossi et al., 2013.).

Prva faza pretvaranja mišića u meso su promene tokom klanja. Stresori su aktivni tokom postmortalnog postizanja kvaliteta mesa. Ni danas nisu potpuno definisani precizni mehanizmi koji objašnjavaju uticaj stresa na kvalitet mesa.

*Proteolitički sistem*: sistem kalpaina, katepsina (lizozomalnih proteina) i multikatalitički proteazomski kompleks su glavni proteolitički sistemi prisutni u mišiću. Dokazana je njihova uloga u proteolizi citoskeletnih proteina i razmekšanju mesa tokom postmortalnog zrenja (Koohmaraie & Geesink, 2006.)

Pretpostavlja se da na kvalitet mesa utiče postmortalna proteoliza miofibrilarnih proteina (titin, integrin i desmin). Ograničena proteoliza dezmina i troponina-T zbog povećane negativne denaturacije proteina, utiče na postmortalno razmekšanje govedine (Kim et al., 2010.). Dokazano je da je visoka aktivnost kalpastatina u korelaciji sa ograničenom postmortalnom proteolizom i velikom silom smicanja kod govedeg i jagnječeg mesa (Lonergan et al., 2001.).

$\beta$ 2-agonisti iz obroka indukuju visoke vrednosti smicanja kod teladi, koje su paralelne sa visokom aktivnošću kalpastatina i smanjenju odnosa  $\mu$ -kalpain/kalpastatin (Garssen et al., 1995.). Dodatak vitamina E umanjuje oksidativni status goveda tokom rane postmortalne faze i ograničava aktivnost kalpastatina, a nije imao efekta na autolizu  $\mu$ -kalpaina; dakle, proteoliza je ubrzana i proces razmekšanja je unapređen tokom zrenja (Rove et al., 2004.). U drugom slučaju, bikovi hranjeni hranom sa visokim sadržajem sumpornih jedinjenja pokazali su manju aktivaciju  $\mu$ -kalpaina, što je rezultiralo smanjenom razgradnjom proteina (Pogge et al., 2015.). Aktivnosti katepsina B su u pozitivnoj korelaciji sa mekoćom govedine (O'Halloran et al., 1997.).

*Post-translacione modifikacije proteina* (fosforilacija, glikozilacija/glikacija, oksidacija i acetilacija) rapidno menjaju enzimsku aktivnost. Fosforilacija inhibira aktivnost  $\mu$ -kalpaina, koja je zavisna od temperature i koncentracije kalcijuma (Du et al., 2017.; Li et al., 2017.), ukazujući na suštinsku ulogu fosforilacije proteina u razmekšanju mesa tokom postmortalnog zrenja. Oksidacija govedih miofibrilarnih

proteina *in vitro* pokazala je različite obrasce proteolize  $\mu$ -kalpaina, od kojih je proteoliza teškog lanca miozina i  $\alpha$ -aktinina pojačana, a proteoliza troponina-T smanjena (Xue et al., 2012.). Stres indukuje prekomernu produkciju slobodnih radikala, koji posreduju u oksidaciji i nitrozilaciji proteina i utiču na kvalitet mesa.

### Zaključak

Sve karike u lancu proizvodnje mesa moraju biti uključene, da bi se omogućilo da se dobije kvalitetan, trajan i prihvatljiv proizvod od mesa preživara. Informacije o proizvođačima i potrošačima treba da budu dostupne, kako bi razumeli karakteristike proizvoda i omogućili unapređenje njihovog kvaliteta. Neophodna su buduća istraživanja za razotkrivanje zamršenih mehanizama ključnih signala ili medijatora, koji su osnova efekata stresora na biohemijske promene koje nastaju nakon klanja.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta Ugovor br. 451-03-9/2021-14 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.

### Literatura

- Adzitey, F., Nurul, H. (2011). Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: Causes and measures to reduce these incidences - A mini review. *International Food Research Journal*, 18(1), 11-20.
- Aleksić, S., Petrović, M.M., Mišćević, B., Sretenović, Lj., Pantelić, V., Josipović, S., Tomašević, D., Trenkovski, S. (2006). Technological improvement of the quality of beef from the aspect of transport of young cattle to slaughtering. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 22(1-2), 47-53.
- Bianchi, M., Petracci, M., Cavani, C. (2006). The influence of genotype, market live weight, transportation, and holding conditions prior to slaughter on broiler breast meat color. *Poultry Science*, 85(1), 123-128.
- Carrasco-García, A.A., Pardo-Sedas, V.T., León-Banda, G.G., Concepción Ahuja-Aguirre, C., Paredes-Ramos, P., Hernández-Cruz, B.C., Murillo, V.V. (2020). Effect of stress during slaughter on carcass characteristics and meat quality in tropical beef cattle. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(10), 1656-1665.
- Carvalho dos Santos, T., Gates, R.S., Souza, Cd.F., Tinôco, Id.F.F., Cândido, M.G.L., Freitas, L.C.dS.R. (2019). Meat Quality Parameters and the Effects of Stress: A Review. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 9, 305-315.
- Cottrell, J., Ponnampalam, E., Dunshea, F., Warner, R. (2015). Effects of infusing nitric oxide donors and inhibitors on plasma metabolites, muscle lactate production and meat quality in lambs fed a high quality roughage-based diet. *Meat Science*, 105(2), 8-15.

- Cottrell, J.J., McDonagh, M., Dunshea, F., Warner, R. (2008). Inhibition of nitric oxide release pre-slaughter increases post-mortem glycolysis and improves tenderness in ovine muscles. *Meat Science*, 80(2), 511-521.
- Delić, N., Aleksić, S., Petrović, M.M., Pantelić, V., Ostojić, D., Petričević, M., Nikšić, D. (2014). Methods for determining stress syndrome in beef cattle and its relevance to quality of meat. *Biotechnology in Animal Husbandry* 30(1), 37-44.
- Dokmanovic, M., Baltic, M. Z., Duric, J., Ivanovic, J., Popovic, L., Todorovic, M., ... Pantic, S. (2015). Correlations among stress parameters, meat and carcass quality parameters in pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(3), 435.
- Du, M., Li, X., Li, Z., Li, M., Gao, L., Zhang, D. (2017). Phosphorylation inhibits the activity of  $\mu$ -calpain at different incubation temperatures and  $\text{Ca}^{2+}$  concentrations in vitro. *Food Chemistry*, 228, 649-655.
- Falowo, A.B., Fayemi, P.O., Muchenje, V. (2014). Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 64, 171-181.
- Ferguson, D., Warner, R. (2008). Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Science*, 80(1), 12-19.
- Garssen, G.J., Geesink, G.H., Hoving-Bolink, A.H., Verplanke, J.C. (1995). Effects of dietary clenbuterol and salbutamol on meat quality in veal calves. *Meat Science*, 40(3), 337-350.
- Gregory, N. (2010). How climatic changes could affect meat quality. *Food Research International*, 43(7), 1866-1873.
- Guerrero, A., Valero, M.V., Campo, M.M., Sañudo, C. (2013). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 35(4), 335-347.
- Xue, M., Huang, F., Huang, M., Zhou, G. (2012). Influence of oxidation on myofibrillar proteins degradation from bovine via  $\mu$ -calpain. *Food Chemistry*, 134(1), 106-112.
- Keeling, L.J. (2005). Healthy and happy: Animal welfare as an integral part of sustainable agriculture. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 34(4), 316-319.
- Kim, Y.H., Lonergan, S.M., Hufflonergan, E. (2010). Protein denaturing conditions in beef deep semimembranosus muscle results in limited  $\mu$ -calpain activation and protein degradation. *Meat Science*, 86(3), 883-887.
- Knowles, T.G., Warriss, P.D. (2007). Stress physiology of animals during transport. In T. Grandin (Ed.), *Livestock, handling and transport* (3rd ed., pp. 312-328). Wallingford, UK: CABI Publishing.
- 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(1), 34-43.
- Li, Q., Li, Z., Lou, A., Wang, Z., Zhang, D., Shen, Q.W. (2017b). Histone acetyltransferase inhibitors antagonize AMP-activated protein kinase in postmortem glycolysis. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(6), 857-864.

- Lomiwes, D., Farouk, M.M., Wu, G., Young, O.A. (2014). The development of meat tenderness is likely to be compartmentalised by ultimate pH. *Meat Science*, 96, 646-651.
- Lonergan, S.M., Huff-Lonergan, E., Wiegand, B.R., Kriese-Anderson, L.A. (2001). Postmortem proteolysis and tenderization of top loin steaks from Brangus cattle. *Journal of Muscle Foods*, 12(2), 121-136.
- Moberg, G.P. (2000). Biological response to stress implications to animal welfare. In: Moberg G P, Mench J A, eds., *The Biology of Animal Stress - Basic Principles and Implications for Animal Welfare*. CABI Publishing, Oxon, UK., 1-22.
- O'Halloran, G.R., Troy, D.J., Buckley, D.J., Reville, W.J. (1997). The role of endogenous proteases in the tenderisation of fast glycolysing muscle. *Meat Science*, 47(3-4), 187-210.
- Ouali, A., Herrera-Mendez, C.H., Coulis, G., Becila, S., Boudjellal, A., Aubry, L., Sentandreu, M.A. (2006). Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat Science*, 74(1), 44-58.
- Pighin, D.G., Cunzolo, S.A., Zimmerman, M., Pazos, A.A., Domingo, E., Pordomingo, A.J., Grigioni, G. (2013). Impact of Adrenaline or Cortisol Injection on Meat Quality Development of Merino Hoggets. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(11), 1931-1936.
- Pogge, D.J., Lonergan, S.M., Hansen, S.L. (2015). Effects of duration of vitamin C supplementation during the finishing period on postmortem protein degradation, tenderness, and meat color of the longissimus muscle of calf-fed steers consuming a 0.31 or 0.59% sulfur diet. *Journal of Animal Science*, 93(5), 2567-2575.
- Ponnampalam, E.N., Hopkins, D.L., Bruce, H., Li, D., Baldi, G., Bekhit, A.E.D. (2017). Causes and contributing factors to "dark cutting" meat: Current trends and future directions: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(3), 400-430.
- Rossi, R., Pastorelli, G., Cannata, S., Tavaniello, S., Maiorano, G., Corino, C. (2013). Effect of long term dietary supplementation with plant extract on carcass characteristics meat quality and oxidative stability in pork. *Meat Science*, 95(3), 542-548.
- Rowe, L., Maddock, K., Lonergan, S.M., Huff-Lonergan, E. (2004). Influence of early postmortem protein oxidation on beef quality. *Journal of Animal Science*, 82(3), 785-793.
- Santé-Lhoutellier, V., Engel, E., Aubry, L., & Gatellier, P. (2008). Effect of animal (lamb) diet and meat storage on myofibrillar protein oxidation and in vitro digestibility. *Meat Science*, 79(4), 777-783.
- Scheffler, T., Gerrard, D. (2007). Mechanisms controlling pork quality development: The biochemistry controlling postmortem energy metabolism. *Meat Science*, 77(1), 7-16.
- Schwartzkopf-Genswein, K., Faucitano, L., Dadgar, S., Shand, P., González, L., Crowe, T. (2012). Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: A review. *Meat Science*, 92(3), 227-243.

- Warner, R., Greenwood, P., Pethick, D., Ferguson, D. (2010). Genetic and environmental effects on meat quality. *Meat Science*, 86(1), 171-183.
- Węglarz, A. (2010). Meat quality defined based on pH and colour depending on cattle category and slaughter season *Czech Journal of Animal Science*, 55(12), 548-556.
- Wiepkema, P.R., Koolhaas, J.M. (1993.). Stress and animal welfare. *Animal Welfare*, 2(3), 195-218.
- Xing, T., Gao, F., Tume, R.K., Zhou, G., Xu, X. (2019). Stress Effects on Meat Quality: A Mechanistic Perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 18, 380-401.
- Zhang, C., Zhao, X., Wang, L., Yang, L., Chen, X., Geng, Z. (2017). Resveratrol beneficially affects meat quality of heat-stressed broilers which is associated with changes in muscle antioxidant status. *Animal Science Journal*, 88(10), 1569-1574.
- Zhang, W., Xiao, S., Ahn, D.U. (2013). Protein oxidation: Basic principles and implications for meat quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(11), 1191-1201.

## "INFLUENCE OF CERTAIN STRESSOGENIC FACTORS ON THE QUALITY OF BEEF"

*Vladimir Kurćubić<sup>1</sup>, Slaviša Stajić<sup>2</sup>, Nemanja Miletić<sup>1</sup>*

### Abstract

Stress inevitably occurs from farm to slaughter in modern cattle breeding. The effects of stress on behavior, physiological status, and meat quality have been examined by a number of authors. The mechanism of the effects of stress on physiological and biochemical changes and the consequent effects on meat quality attributes are significantly more limited. This review summarizes the primary stress factors that affect animal welfare and cause biochemical changes during the early postmortem period, which reduces the quality of carcasses and their nutritional quality. In order to obtain high quality meat, further studies are needed to uncover the complex mechanisms mentioned above.

**Key words:** stress, meat quality, internal and external stressors

---

<sup>1</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Republic of Serbia ([vkurcubic@kg.ac.rs](mailto:vkurcubic@kg.ac.rs))

<sup>2</sup>University of Belgrade - Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, 11080, Belgrade - Zemun, Republic of Serbia