

## UTICAJ FIZIČKE AKTIVNOSTI NA HISTOLOŠKE KARAKTERISTIKE MIŠIĆA DOMAĆIH ŽIVOTINJA

Ivana Božičković<sup>1</sup>, Vesna Davidović<sup>1</sup>, Radomir Savić<sup>1</sup>, Vladimir Živković<sup>2</sup>, Stefan Stepić<sup>1</sup>, Vladan Đermanović<sup>1</sup>

**Izvod:** Meso je proizvod koji nastaje kroz različite biohemijske procese nakon *rigor mortis*-a od skeletnih mišića životinje. Zbog toga karakteristike mišićnog tkiva, njegova struktura, broj, prečnik i zastupljenost pojedinih tipova mišićnih vlakana u velikoj meri određuju količinu i kvalitet mesa. Kako su selekcijom i ishranom gotovo dostignuti maksimumi u proizvodnji mesa sa jedne strane, a sve su veći zahtevi potrošača za “ekološkim” i proizvodima iz održive proizvodnje, uz poštovanje principa dobrobiti životinja sa druge strane, ispitivanje uticaja fizičke aktivnosti kod životinja dobija sve veći značaj, pri čemu se pod tom aktivnošću podrazumeva ili slobodno kretanje životinja (na pašnjacima) ili poluslobodni sistemi držanja različitog stepena intezivnosti. Takođe, ovaj faktor mogao bi biti od značaja posebno kod svinja i živine, kod kojih je intenzivnom selekcijom na mesnatost povećan broj glikolitičkih vlakana u mišićima, što je uslovalo i probleme sa kvalitetom mesa (bledo, meko i vodnjikavo meso - BMV meso).

**Ključne reči:** struktura mišića, tipovi mišićnih vlakana, fizička aktivnost, kvalitet mesa

### Uvod

Godišnja potrošnja mesa u Republici Srbiji niža je nego u zemljama Zapadne Evrope i drugim razvijenim zemaljama. Kao i u svetu, na trpezi srpskog domaćinstva najviše je zastupljeno svinjsko, živinsko i goveđe meso. Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku, godišnja potrošnja mesa u periodu od 2014. do 2019. godine relativno je ujednačena, a stanovnik Republike Srbije troši prosečno 3-4 kg goveđeg, oko 12 kg svinjskog i oko 11-12 kg živinskog mesa godišnje (Statistički godišnjak Republike Srbije 2014., 2019.). Ove potrebe se uglavnom zadovoljavaju iz domaće proizvodnje, pri čemu njen nivo ne uspeva da ostvari suficit i pokrene izvoz mesa u druge države. Ipak, to otvara mogućnost poboljšanja u proizvodnji mesa u našoj državi, kako u pogledu količine, tako i u pogledu kvaliteta mesa. Da bi se ovaj cilj ostvario, neophodno je poznavati i voditi računa o građi i strukturi mišićnog tkiva, od kojih direktno zavisi količina i kvalitet dobijenog mesa.

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za zootehniku, Nemanjina 6, 11080 Zemun – Beograd (ivadamo@agrif.bg.ac.rs);

<sup>2</sup>Institut za stočarstvo, Autoput 16, 11080 Beograd, Srbija

## **Građa skeletnih mišića**

Fiziološka funkcija skeletnih mišića u telu životinja veoma je značajna. Oni pokreću pojedine kosti i delove tela, omogućavaju kretanje i pravilno držanje. U ekonomskom smislu, skeletni mišići predstavljaju meso - jedan od najvažnijih proizvoda stočarske proizvodnje.

Skeletni mišići sastoje se od poprečno-prugastog mišićnog tkiva, čije ćelije imaju sposobnost kontrakcije. Osnovna jedinica ovog tkiva je mišićno vlakno - ćelija dužine od nekoliko milimetara do nekoliko centimetara, ovalnog poprečnog preseka, prečnika do oko 100  $\mu\text{m}$ , sa većim brojem jedara raspoređenih po obodu citoplazme. Svako mišićno vlakno je inervisano i obavijeno mrežom krvnih kapilara, preko koje se snabdeva krlju. Veći broj mišićnih vlakana obavijen vezivnim tkivom, perimizijumom, čini mišićni fascikul, a veći broj fascikula obavijen vezivnim omotačem, epimizijumom, gradi mišić. U sastav mišića osim mišićnih vlakana i vezivno-tkivnih omotača, ulaze još i kolagen, krvni sudovi, nervi i međućelijsko masno tkivo.

### **Tipovi, broj i prečnik mišićnih vlakana**

Glavni proteini koji se nalaze u mišićnim vlaknima su miozin i aktin, zbog čijeg specifičnog rasporeda unutar ćelije skeletni mišići imaju vidljivu poprečnu ispruganost. Takođe, ovi proteini, zajedno sa proteinima troponinom i tropomiozinom, daju mišićnoj ćeliji sposobnost kontrakcije. Najviše zastupljen protein u mišićnoj ćeliji je miozin, koji pokreće kontrakciju i određuje mehaničke i energetske osobine mišićnog vlakna (Reggiani i Mascarello, 2004.). Kod različitih vrsta životinja, u mišićima je utvrđen veliki broj izoformi miozina, pri čemu su kod domaćih životinja, u mišićima bitnim sa gledišta proizvodnje mesa, prisutne četiri izoforme teškog miozina (Schiaffino i Reggiani, 1994.; Lefaucheur i sar., 1998.).

Prisutna izoforma miozina u mišićnim vlaknima direktno uslovljava način i brzinu hidrolize molekula ATP-a (Galler i sar., 1994.), pa se prema ovom kriterijumu vlakna mogu podeliti na brza i spora. Vlakna se međusobno razlikuju ne samo po brzini kontrakcije, već i po tipu energijskog metabolizma (Gauthier, 1969.). Kombinovanjem ove dve veoma važne karakteristike mišićnih ćelija, histološki je moguće izdvojiti tri tipa mišićnih vlakana: FTG - brzo okidajuća glikolitička (fast twitch glycolitic), FTO - brzo okidajuća oksidativna (fast twitch oxidative) i STO - sporo okidajuća oksidativna mišićna vlakna (slow twitch oxidative) (Brooke i Kaiser, 1970.; Guth i Samaha, 1970.). STO vlakna su manjeg prečnika, bolje prokrvljena, u sastavu imaju više mitohondrija, tamnije su boje, sadrže izoformu I teškog miozina, sporo se kontrahuju, sporo se zamaraju i nalaze se kao više zastupljena u dublje postavljenim mišićima trupa i ekstremiteta koji obezbeđuju pravilno držanje, stajanje. FTG vlakna su najvećeg prečnika, lošije snabdevena krvlju, imaju manje mitohondrija, svetle su boje, sadrže II $\times$  i IIb izoforme teškog miozina, kontrakcija im je brza, brzo se zamaraju i nalaze se kao više zastupljena u mišićima koji obavljaju brze i kratkotrajne pokrete, ili u

mišićima koji se slabo koriste. FTO vlakna nazivaju se još i intermedijarna, jer su po svojim osobinama između STO i FTG vlakana, sadrže IIa izoformu teškog miozina.

Danas se većina autora slaže da je ovakva podela mišićnih vlakana samo uslovna, obzirom da je mišićno tkivo veoma kompleksno, heterogeno tkivo čije ćelije - mišićna vlakna prolaze kroz transformacije iz jednog u drugi ili treći tip vlakana, kao odgovor na promenjene mehaničke, humoralne, neuralne ili druge zahteve (Pette i Staron, 2000.; Reggiani i Mascarello, 2004.; Lefaucheur i sar., 2004.).

Osim učešća pojedinih tipova vlakana u sastavu mišića, za količinu i kvalitet mesa veoma su bitni broj i prečnik mišićnih vlakana. Obe osobine pozitivno su korelirale sa površinom i posledično veličinom mišića, međutim između broja i prečnika mišićnih vlakana postoji negativna korelacija (Fiedler i sar., 1997.; Larzul i sar., 1997.). Veći broj autora navodi da se mišićna vlakna stvaraju u nekoliko talasa tokom miogeneze (Stickland i Handel, 1986.; Nissen i sar., 2003.; Brameld i sar., 2008.) i da je broj vlakana fiksiran na rođenju (Handel i Stickland, 1988; Dwyer i sar., 1993.), mada se kod svinja broj vlakana može blago povećati tokom prvih nekoliko nedelja postnatalnog života (Rehfeldt i sar., 2000; Brameld i sar., 2003; Berard i sar., 2011.). U proizvodnom smislu, to znači da se povećanje količine mesa tokom postnatalnog života ne može postići povećanjem broja vlakana, već jedino hipertrofijom (povećanjem prečnika) mišićnih vlakana, što može imati negativan uticaj na kvalitet mesa.

Karakteristike mišićnog tkiva kao što su prečnik vlakana, odnos pojedinih tipova vlakana u tkivu, energetski metabolizam, kao i sadržaj glikogena i masti, utiču na kvalitet mesa, pre svega na pH mesa, sposobnost zadržavanja vode i sočnost (Karlsson i sar., 1999.; Listrat i sar., 2016.). Kako navode Te Paas i sar. (2004.), prečnik vlakana u pozitivnoj je korelaciji sa mekoćom mesa, međutim vlakna većeg prečnika (FTG) kroz metabolizam glikogena nakupljaju veću količinu laktata koji snižava pH mesa, što uslovljava lošiju sposobnost zadržavanja vode i pojavu BMV mesa. Sa druge strane, ako su u tkivu zastupljena oksidativna vlakna u većem procentu, meso će biti poželjnije crvenije boje, zbog prisustva veće količine mitohondrija i mioglobina a manje količine glikogena, ali će ovakvo mišićno tkivo tokom *rigor mortis*-a imati jaču kontrakciju, i dovesti do pojave tvrdog i neukusnog mesa. To u praktičnom smislu znači da preterana hipertrofija mišićnih vlakana, bilo pri prevelikom ili premalom broju vlakana i nesrazmeran odnos pojedinih tipova vlakana predstavljaju izražene pokazatelje lošeg kvaliteta mesa, tako da se za uspešnu proizvodnju mora naći optimalan odnos između ovih osobina.

### Uticaj fizičke aktivnosti na strukturu mišićnog tkiva

Poznavanje post-mortalne mikrostrukture mišićnog tkiva može doprineti pravilnoj i objektivnoj proceni kvalitativnih svojstava mesa (Kasprzyk i Bogucka, 2020.). Na strukturu mišićnog tkiva i odnos pojedinih tipova mišićnih vlakana, a time posledično i količinu i kvalitet mesa utiče veliki broj faktora (Vitorović i

Adamović, 2012.). Neki od najvažnijih faktora su: tip mišića, njegova lokacija i funkcija, vrsta životinje, rasa, soj, individua, selekcija, pol, fetalna ishrana, postnatalna ishrana, temperatura okoline, hormoni, masa na rođenju i drugi. Jedan od faktora koji može uticati na strukturu mišićnog tkiva jeste i fizička aktivnost životinja. Ovaj faktor nema uticaja na promenu broja mišićnih vlakana, ali utiče na zastupljenost pojedinih tipova mišićnih vlakana u tkivu.

Do skoro, stočarska proizvodnja nije ostavljala mnogo prostora za primenu dodatne fizičke aktivnosti, ili slobodnog kretanja životinja, pa istraživanja uticaja ovog faktora na strukturu mišićnog tkiva domaćih životinja nisu bila previše zastupljena. Kako sumiraju Te Paas i sar. (2004.), većina autora smatra da su efekti ovog faktora minimalni ili dvosmisleni, a pogotovo ih je teško tumačiti ukoliko su bili kombinovani sa uticajem nekog drugog faktora. Ipak, kako su selekcijom i ishranom gotovo dostignuti maksimumi u proizvodnji mesa, primena fizičke aktivnosti kod životinja dobija sve veći značaj, pri čemu se pod tom aktivnošću podrazumeva ili slobodno kretanje životinja u slobodnom sistemu držanja (na pašnjacima), ili poluslobodni sistemi držanja različitog stepena intenzivnosti. Takođe, ovaj faktor mogao bi biti od značaja posebno kod svinja i živine, kod kojih je intenzivnom selekcijom na mesnatost povećan broj glikolitičkih vlakana u mišićima, što je uslovalo i probleme sa kvalitetom mesa (BMV sindrom).

Uticaj fizičke aktivnosti na strukturu i kvalitet mesa svinja zavisi od većeg broja drugih faktora, kao što su vremenski uslovi, rasa, ishrana (Lebret, 2008.), ali se većina autora slaže da držanje svinja na otvorenom ili u poluintenzivnim sistemima različitog stepena intenzivnosti povećava količinu intramuskularne masti, sočnost i kvalitet mesa (Bee i sar. 2004.; Lebret, 2008.; Martins i sar, 2021.). Rede i sar. (1986.) su kod plemenitih rasa (veliki jorkšir i švedski landras) u konvencionalnom sistemu držanja, u odnosu na autohtone rase (mangulica i crna slavonska) koje su gajene na otvorenom, utvrdili veći procenat belih, glikolitičkih vlakana većeg prečnika (FTG) u *m. longissimus dorsi*. U mišićom tkivu svinja rase pulawska utvrđena je dominacija oksidativnih vlakana i niži sadržaj glikolitičkih vlakana, što je imalo značajan uticaj na kvalitativna svojstva (pH i boja) mesa (Kasprzyk i Bogucka, 2020.). Istraživanje Gentry i sar. (2004.) pokazalo je da su mišići (*m. semimembranosus* i *m. longissimus dorsi*) tovnih svinja gajenih na otvorenom imali veći procenat intermedijarnih (FTO) vlakana. To potvrđuje i istraživanje Bee i sar. (2004.) koji su kod velikog jorkšira gajenog na otvorenom utvrdili veći procenat intermedijarnih (FTO) vlakana u mišićima *m. rectus femoris* i *m. longissimus dorsi*, u odnosu na životinje iz konvencionalnog sistema držanja. Ispitujući autohtonu krškopoljsku rasu gajenu u uslovima organske proizvodnje, i konvencionalne intenzivne proizvodnje, Fazarinc i sar. (2020.) su utvrdili povećanje prečnika vlakana i procenta FTG vlakana kod životinja gajenih u intenzivnom sistemu, što posledično uzrokuje lošiji kvalitet mesa.

Goveda karakteriše veći okvir tela, koji je posledica većeg broja mišićnih vlakana u odnosu na iste mišiće kod drugih, manjih vrsta, dok je prečnik mišićnih vlakana goveda veoma sličan onom kod svinja (Rehfeldt i sar., 1999.). Takođe, procenat oksidativnih vlakana je mnogo viši, a procenat glikolitičkih vlakana

značajno niži u odnosu na iste mišiće svinja. Kod bikova monbelijar rase, *m. longissimus dorsi* sadrži 35% STO vlakana, 24% FTO vlakana i 41% FTG vlakana (Brandstetter i sar., 1998.), dok je kod svinja rase jorkšir taj odnos u istom mišiću 10%, 7% i 83% (Larzul i sar., 1997.). Zbog dosta visokog procentualnog učešća oksidativnih vlakana u mišićima, taj procenat se ne može bitno povećavati. Ovo potvrđuju istraživanja Wiklund i sar. (1998.), koji nisu uočili statistički značajne razlike u procentualnom učešću pojedinih tipova mišićnih vlakana u osam ispitivanih mišića, kod goveda gajenih u vezanom i slobodnom sistemu. Suprotno tome, Westergaard i sar. (2000.) utvrdili su razlike u procentualnoj zastupljenosti pojedinih vlakana u mišićima *m. longissimus dorsi*, *m. semitendinosus* i *m. supraspinatus*, kod bikova gajenih u različitim sistemima (slobodni sa ograničenom i intenzivni sa *ad libitum* ishranom). U mišićima *m. longissimus dorsi* i *m. supraspinatus* kod slobodno gajenih životinja bio je veći procenat STO vlakana, dok je u *m. semitendinosus* i *m. longissimus dorsi* utvrđen veći procenat FTO vlakana. Kod svih mišića bikova gajenih u slobodnom sistemu, procenat FTG vlakana bio je manji u odnosu na životinje iz vezanog sistema. Ipak, u ovom istraživanju kombinuje se uticaj ishrane i fizičke aktivnosti, što se mora imati u vidu kod tumačenja rezultata.

Kod živine, opšte je poznata razlika u boji filea tj. grudnih mišića kokoši i ćuraka, u odnosu na patke i guske, pa se ptice mogu uzeti kao „školski“ primer izraženih razlika u boji mesa kao posledici različitog procentualnog učešća pojedinih tipova mišićnih vlakana u mišićima. Svetla boja pilećeg filea kokoši posledica je vrlo slabog korišćenja grudnih mišića i ogromnog procentualnog učešća glikolitičkih (FTG) vlakana u strukturi mišića. Ovo su potvrdila istraživanja Ušćebrke i sar. (2008.), koji su ustanovili različitu strukturu mišića (grudi i zadnjih ekstremiteta) kod divljih ptica (fazan i jarebica) u odnosu na domaću živinu. Divlje ptice su imale veći procenat intermedijarnih a manji procenat glikolitičkih vlakana u odnosu na domaće ptice, u svim ispitivanim mišićima. Madeira i sar. (2006.), utvrdili su da poluslobodni sistem gajenja brojlera, koji su mogli više da se kreću u odnosu na brojlere gajene u zatvorenom sistemu, utiče na povećanje zastupljenosti oksidativnih (STO) vlakana u ispitivanom *m. extensor hallucis longus*, mada je ovaj efekat uočen samo kod mužjaka. Ono o čemu se posebno mora voditi računa u živinarskoj proizvodnji je da se današnja konvencionalna proizvodnja bazira na brzorastućim hibridima, koji ne bi bili pogodni za gajenje u alternativnim sistemima, zbog izraženih zdravstvenih problema, pre svega poremećaja razvoja nogu i hromosti (Castellini i sar., 2008.).

### Zaključak

Poznavanje histoloških osobina mišićnog tkiva neophodno je za uspešnu proizvodnju mesa. U savremenim uslovima, kada su genetski potencijali životinja dovedeni gotovo do svog maksimuma, alternativni načini poboljšanja strukture mišićnog tkiva dobijaju sve više na značaju. Iako je potrebno sprovesti brojna dodatna istraživanja sa ujednačenim uslovima, fizička aktivnost kojom se donekle

može menjati struktura mišićnog tkiva mogla bi biti uspešno implementirana u proizvodnju, najpre svinja i živine.

### **Napomena**

Rad je nastao kao rezultat istraživanja u okviru ugovora o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada u 2021. godini između Poljoprivrednog fakulteta u Beogradu i Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, evidencioni broj ugovora: 451-03-9/2021-14/ 200116.

### **Literatura:**

- Bee G., Guex G, Herzog W. (2004). Free-range rearing of pigs during the winter: Adaptations in muscle fiber characteristics and effects on adipose tissue composition and meat quality traits. *Journal of Animal Science*, 82, 1206-1218.
- Berard J., Kalbe C., Loesel D., Tuchscherer A., Rehfeldt C. (2011). Potential sources of early-postnatal increase in myofibre number in pig skeletal muscle. *Histochemie*, 136, 217-225.
- Brameld J., Fahey A., Langley-Evans S., Buttery P. (2003). Nutritional and hormonal control of muscle growth and fat deposition. *Archives of Animal breeding*, 46 (special issues), 143-156.
- Brameld J., Zoe T., Daniel R. (2008). In utero effects on livestock muscle development and body composition. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48, 921-929.
- Brandstetter A. M., Picard B., Geay Y. (1998a). Muscle fibre characteristics in four muscles of growing bulls – I. Postnatal differentiation. *Livestock Production Science*, 53, 15-23.
- Brooke M. H., Kaiser K. K. (1970). Muscle fibre types: How many and what kind. *Archives of Neurology*, 23, 369-379.
- Castellini C., Berri C., Le Bihan-Duval E., Martino G. (2008). Qualitative attributes and consumer perception of organic and free-range poultry meat. *World's Poultry Science Journal*, 64, 500-512.
- Dwyer C. M., Fletcher J. M., Stickland N. C. (1993). Muscle cellularity and postnatal growth in the pig. *Journal of Animal Science*, 71, 3339-3343.
- Fazarinc G., Vrecl M., Poklukar K., Škrlep M., Batorek-Lukač N., Brankovič J., Tomažin U., Čandek-Potokar M. (2020). Expression of Myosin Heavy Chain and Some Energy Metabolism-Related Genes in the Longissimus Dorsi Muscle of Krškopolje Pigs: Effect of the Production System. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, article 533936.
- Fiedler I., Rehfeldt C., Dietl G., Ender K. (1997). Phenotypic and genetic parameters of muscle fiber number and size. *Journal of Animal Science*, 75 (suppl. 1), 165.
- Galler S., Schmitt T. L., Pette D. (1994). Stretch activation, unloaded shortening velocity, and myosin heavy chain isoforms of rat skeletal muscle fibres. *Journal of Physiology* 478, 513-521.

- Gauthier G. F. (1969). On the relationship of ultrastructural and cytochemical features to color in mammalian skeletal muscle. *Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat.* 95, 462-482.
- Gentry J.G., McGlone J.J., Miller M. F., Blanton Jr J.R. (2004). Environmental effects on pig performance, meat quality and muscle characteristics. *Journal of Animal Science*, 82, 523-528.
- Guth L., Samaha F. J. (1970). Procedure for the histochemical demonstration of actomyosin ATPase. *Exp. Neurol.*, 28, 365-367.
- Handel S. E., Stickland N. C. (1988). Catch-up growth in pigs: A relationship with muscle cellularity. *Animal Production*, 47, 291-295.
- Karlsson A., Klont R. E., Fernandez X. (1999). Skeletal Muscle Fibres as Factors for Pork Quality. *Livestock Production Science*, 60, 255-269.
- Kasprzyk A., Bogucka J. (2020). Meat quality of Pulawska breed pigs and image of longissimus lumborum muscle microstructure compared to commercial DanBred and Naima hybrids. *Archives animal breeding*, 63(2), 293-301. <https://doi.org/10.5194/aab-63-293-2020>
- Larzul C., Lefaucheur L., Ecolan P., Gogue J., Talmant A., Sellier P., Monin G. (1997). Phenotypic and genetic parameters for Longissimus muscle fiber characteristics in relation to growth, carcass and meat quality traits in Large White pigs. *Journal of Animal Science*, 75, 3126-3137.
- Lebret B. (2008). Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. *Animal*, 2,10, 1548-1558.
- Lefaucheur L., Hoffman R. K., Gerrard D. E., Okamura C. S., Rubinstein N., Kelly A. (1998). Evidence for Three Adult Fast Myosin Heavy Chain Isoforms in Type II Skeletal Muscle Fibers in Pigs. *Journal of Animal Science*, 76, 1584-1593.
- Lefaucheur L., Milan D., Ecolan P., Le Callennec C. (2004). Myosin heavy chain composition of different skeletal muscles in Large White and Meishan pigs. *Journal of Animal Science*, 82, 1931-1941.
- Listrat A., Lebret B., Louveau I., Astruc T., Bonnet M., Lefaucheur L., Picard B., Bugeon J. (2016). How Muscle Structure and Composition Influence Meat and Flesh Quality. *The Scientific World Journal*, Hindawi Publishing Corporation. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/3182746>
- Madeira L. A., Sartori J. R., Saldanha E.S.P.B., Pizzolante C.C., Dal Pai Silva M., Mendes A.A., Takahashi S.E., Solarte W. V. N. S. (2006). Morphology of skeletal muscle fibers of different broiler chicken strains bred in confined and semi-confined systems. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 2323-2332.
- Martins J.M., Silva D., Albuquerque A., Neves J., Charneca R., Freitas A., (2021). Physical Activity Effects on Blood Parameters, Growth, Carcass and Meat and Fat Composition of Portuguese Alentejano Pigs. *Animals*, 11, 156.
- Nissen P.M., Danielsen V. O., Jorgensen P.F., Oksbjerg N. (2003). Increased maternal nutrition of sows has no beneficial effects on muscle fiber number or postnatal growth and has no impact on the meat quality of the offspring. *Journal of Animal Science*, 81, 67-76.

- Pette D., Staron R. S. (2000). Myosin isoforms, Muscle Fibre Types, and Transitions. *Microscopy Research and Technique*, 50, 500-509.
- Rede R., Pribisch V., Rahelic S. (1986). Untersuchungen ueber die Beschaffenheit von Schlachttierkoerpern und Fleisch primitiver und hochselektierter Schweinerassen. *Fleischwirtsch.*, 66, 898.
- Reggiani C., Mascarello F. (2004). Fibre type identification and functional characterization in adult livestock animals. *Muscle Development of Livestock Animals – Physiology, Genetics and Meat Quality*. CABI Publishing, 39-68.
- Rehfeldt C., Stickland N. C., Fiedler I., Wegner J. (1999). Environmental and genetic factors as sources of variation in skeletal muscle fibre number. *Basic Appl. Myol.* 9 (5), 235-253.
- Rehfeldt C., Fiedler I., Dietl G., Ender K. (2000): Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection. *Livestock Production Science*, 66, 177-188.
- Schiaffino S., Reggiani C. (1994). Myosin isoforms in mammalian skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 77, 493-501.
- Statistički godišnjak Republike Srbije (2014). Republika Srbija, Republički zavod za statistiku.  
<https://publikacije.stat.gov.rs/G2014/Pdf/G20142013.pdf>
- Statistički godišnjak Republike Srbije (2019). Republika Srbija, Republički zavod za statistiku.  
<https://www.stat.gov.rs/sr-cyrl/publikacije/publication/?p=12102>
- Stickland N. C., Handel S. E. (1986). The number and types of muscle fibers in large and small breeds of pigs. *Journal of Anatomy*. 147, 181-189.
- Te Paas M. F. W., Everts M. E., Haagsman H. P. (2004). *Muscle Development of Livestock Animals. Physiology, Genetics and Meat Quality*. CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire, UK.
- Ušćebrka, G., Stojanović, S., Žikić, D., Kanački, Z., 2008. Morfodynamics of skeletal musculature of birds. *Savremena poljoprivreda*, 57, 1-2, 44-50.
- Vestergaard M., Oksbjerg N., Henckel P. (2000). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat color of *semitendinosus*, *longissimus dorsi* and *supraspinatus* muscles of young bulls. *Meat Science*, 54, 177-185.
- Vitorović D., Adamović I. (2012). Influence of different factors on muscle growth and structure of skeletal muscle tissue. *Proceedings of The First International Symposium on Animal Science, Book 1*, 25-34.
- Wiklund E., Malmfors G., Lundstrom K. (1998). The Effects of Exercise on Muscle Fibre Composition and Oxidative Capacity in Eight Bovine Skeletal Muscles. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 28, 111-116.



## THE INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY ON HISTOLOGICAL PROPERTIES OF MUSCLES IN DOMESTIC ANIMALS

*Ivana Božičković<sup>1</sup>, Vesna Davidović<sup>1</sup>, Radomir Savić<sup>1</sup>, Vladimir Živković<sup>2</sup>,  
Stefan Stepić<sup>1</sup>, Vladan Đermanović<sup>1</sup>*

**Abstract:** Meat is a product formed from skeletal muscles of animals through different biochemical processes following *rigor mortis*. Therefore, characteristics of muscle tissue, its structure, number, diameter and percentage of different muscle fiber types would greatly determine the quantity and the quality of meat. Having in mind that selection and nutrition led to nearly a maximum in meat production, and consumers are having higher and higher demands for „organic“ products, products from more natural production, their concern for animal welfare is rising, the implementation of physical activity in animal rearing could be of more importance in the future. Physical activity could imply outdoor systems, or semi-confinement systems with enriched environment. Also, the impact of this factor could be of higher importance in pigs and chicken, where intensive selection towards lean meat content increased the number of glycolytic fibers in muscles, leading to more pronounced problems with meat quality (PSE meat).

**Key words:** muscle structure, muscle fiber types, physical activity, meat quality

---

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Zootechnics, Nemanjina 6, 11080 Zemun – Belgrade (ivadamo@agrif.bg.ac.rs);

<sup>2</sup>Institute of Animal Husbandry, Autoput 16, 11080 Belgrade, Serbia