

METABOLIZAM MASNIH TVARI U MIŠIĆIMA PILIĆA NAKON ZAVRŠETKA TOVA I GLADOVANJA

Beer Ljubić¹, B., S. Milinković-Tur¹, J. Piršljin¹, M. Zdelar-Tuk¹

SAŽETAK

U radu je istražen utjecaj 48-satnog gladovanja na metabolizam masnih tvari u skeletnim mišićima pilića teške hibridne linije Ross. Nakon završetka tova i gladovanja žrtvovano je po deset životinja kojima su uzeti uzorci grudnog i bedrenog mišića. U homogenatima tkiva određene su koncentracije triglicerida, kolesterola i lipid-skih peroksida te aktivnost lipoproteinske lipaze. Nakon završetka tova, u bedrenom mišiću pilića bila je značajno veća koncentracija triglicerida ($p < 0,05$) kao i aktivnost lipoproteinske lipaze ($p < 0,05$) u odnosu na grudni mišić pilića. Gladovanje je rezultiralo značajnim smanjenjem koncentracija triglicerida ($p < 0,05$) i kolesterola ($p < 0,05$) te povećanjem koncentracije lipid-skih peroksida ($p < 0,05$) u bedrenom mišiću dok je u grudnom mišiću koncentracija lipid-skih peroksida značajno smanjena ($p < 0,05$). Aktivnost lipoproteinske lipaze se nakon gladovanja značajno povećala u grudnom ($p < 0,05$), a smanjila u bedrenom mišiću pilića ($p < 0,05$) u odnosu na vrijednosti dobivene na kraju tova. Rezultati ovog istraživanja potvrđuju da sukladno razlici u građi i metabolizmu promatranih mišića, bedreni mišić ima veću koncentraciju triglicerida i veću aktivnost lipoproteinske lipaze nakon završetka tova dok u gladovanju dolazi do potrošnje zaliha masnih tvari kao i povećanja osjetljivosti na oksidativna oštećenja.

Ključne riječi: pilići, trigliceridi, kolesterol, lipoproteinska lipaza, skeletni mišići, gladovanje

UVOD

Skeletni mišići građeni su od vlakana koja se razlikuju po svojim strukturnim i metaboličkim svojstvima (Harvey i Marshall, 2000). Crvena mišićna vlakna bogata su mioglobinom, mitohondrijima i imaju vrlo aktivan oksidativni metabolizam pa se nazivaju i oksidativna vlakna. Bijela mišićna vlakna nazivaju se još

i glikolitička jer ATP potreban za kontrakciju nastaje uglavnom glikolitičkim putem (Dransfield i Sosnicki, 1999). Navedene razlike potvrdili su Campbell i sur. (2001) utvrdivši različitu ekspresiju gena u ova dva tipa mišićnih vlakana.

Osim što su sastavni dio lokomotornog sustava, skeletni mišići sudjeluju u ljudi i životinja u procesu termogeneze. Hirabayashi i sur. (2005) su pokazali da izlaganje pilića hladnoći uzrokuje transformaciju bijelih, brzih vlakana u crvena, spora. Crveniju boju vlakana uzrokuje povećanje broja mitohondrija koji sudjeluju u oksidativnom metabolizmu.

Masne tvari se kod ptica sintetiziraju u jetri te odlaze u masnim, jetrenim i jajnim stanicama (Hermier, 1997). U skeletnim mišićima mogu se pohraniti i oksidirati masne tvari i ugljikohidrati (Goodpaster i Kelley, 1998) pri čemu količina pohranjenih triglicerida ovisi o vrsti životinja i tipu mišićnog vlakna. Trigliceridi u mišićnim stanicama glavni su izvor energije tijekom gladovanja i vježbanja (Guo, 2001).

Kolesterol je strukturna komponenta staničnih membrana te zajedno s fosfolipidima i bjelančevinama čini osnovu fizikalnog integriteta svih stanica (Kraus i Hartman, 1984). U masnoj stanici kolesterol se nakuplja u najmanje dva odjeljka: u staničnoj membrani kao funkcionalni kolesterol i u lipidnim kapljicama čineći zaliha kolesterola još uvijek nedefinirane funkcije (Le Lay, 2004). U mišićnim stanicama udio funkcionalnog kolesterola je značajno veći od pohranjenoga (Hoelscher i sur., 1988). Mjesto i opseg sinteze kolesterola ovisi o vrsti, dobi životinje i hranidbenim čimbenicima (Griminger, 1986).

¹ Blanka Beer Ljubić, dipl. ing. medicinske biokemije, stručni suradnik; dr. sc. Suzana. Milinković-Tur, izvanredna profesorica; dr. sc. Jasna Piršljin, viša asistentica, dr. sc. Maja Zdelar-Tuk, asistentica, Zavod za fiziologiju i radiobiologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu Heinzelova 55, 10 000 Zagreb; kontakt: E-mail: bljubic@vef.hr

Ključnu ulogu u mobilizaciji masnih kiselina s lipoproteina bogatih trigliceridima ima enzim lipoproteinska lipaza (LPL). Lipoproteinska lipaza sintetizira se u parenhimalnim stanicama masnog tkiva te skeletnog i srčanog mišića, veže se na endotelne stanice kapilara te katalizira hidrolizu triglicerida s lipoproteina vrlo male gustoće (engl. very low density lipoproteins, VLDL) i kilomikrona (Karpe i sur., 1998). Na aktivnost lipoproteinske lipaze utječu hranidbeni i hormonalni status (Llado i sur., 1999) te spol životinja (Galan i sur., 1994; Lamošova i sur., 2004). Pored navedene uloge, LPL sudjeluje u uklanjanju i obnavljanju oštećenih dijelova molekula masnih tvari oslobađajući perokside masnih kiselina vezane na lipoproteine ili za membrane stanica i omogućuje djelovanje glutation peroksidaze (Halliwell i Gutteridge, 1999).

Poremećajem ravnoteže oksidativnih i antioksidativnih spojeva razvija se oksidativni stres. Uzroci stresa mogu biti snižena (Gradinski-Vrbanac i sur., 1999) ili povišena temperatura (Mahmoud i Edens, 2003), vježbanje (Tsopanakis i Tesserommatis, 1990), sputavanje kretanja i gladovanje (Lamošova i sur., 2004.). Izlaganje životinja gladovanju dovodi do mobilizacije i potrošnje energetske zaliha. Ovisno o duljini izlaganja gladovanju troše se zalihe glikogena, zatim dolazi do mobilizacije masti, a ako se gladovanje nastavi počinje razgradnja tkivnih bjelančevina (Guyton i Hall, 2003).

Rezultati dosadašnjih istraživanja su pokazali velike razlike u djelovanju gladovanja na metabolizam masti kod ljudi (Sävendahl i Underwood, 1999) i kod životinja (Yasuhara i sur., 1991). Vrijeme potrebno za iskorištavanje zaliha ugljikohidrata i masti ovisi o veličini ptice i početnim zalihama glikogena i triglicerida (Blem, 2000; Lamošova i sur., 2004.).

Na metabolizam masti u vrijeme gladovanja utječu dob, spol, fiziološko stanje i fizičke aktivnosti. Tako su Lamošova i sur. (2004) istražujući utjecaj gladovanja na metabolizam masti u japanskih prepelica utvrdili razlike s obzirom na spol, a Peebles i sur. (2004) u serumu nesilica Leghorn nakon 24-satnog gladovanja utvrdili smanjenje koncentracije kolesterola i triglicerida.

U uvjetima intenzivne peradarske proizvodnje životinje su selekcionirane na što bržu i veću proizvodnju kvalitetnog mesa pri čemu su izložene brojnim stre-

sorima. Iz tog razloga, cilj rada bio je utvrditi utjecaj 48-satnog gladovanja na metabolizam masnih tvari u grudnoj i bedrenoj muskulaturi. Za mjerenje oksidativnih oštećenja masti u uvjetima stresa određivana je koncentracija lipidskih peroksida.

MATERIJAL I METODE

Istraživanje je provedeno na pilićima teške hibridne linije Ross 308. Jednodnevni pilići (100 životinja) smješteni su u metalne kaveze površine 1m², u prostoriji zagrijanoj na 32 °C. Temperatura prostorije postupno je snižavana u toku 4 tjedna do 24 °C, a zatim je do kraja istraživanja iznosila oko 20 °C. Tijekom pokusnog razdoblja u pokusnoj prostoriji perad je bila izložena 24-satnom svjetlu.

Tijekom prvih sedam dana životinje su bile hranjene početnom smjesom za tov pilića. U daljnjem tijeku tova pilići su hranjeni sa smjesom za rast pilića i završnom smjesom za tov. Do 42. dana starosti, pilići su hranu i vodu dobivali *ad libitum*.

Po završetku tova u dobi od 42 dana nasumce je odabrano i žrtvano deset životinja. Neposredno po žrtvovanju i iskrvarenju grudni (*m. pectoralis major*) i bedreni (*m. biceps femoris*) mišić su izvađeni, isprani s hladnom 0,9% NaCl, obrisani papirnim ubrusom i smješteni na led. Nakon uklanjanja masnog i vezivnog tkiva i vaganja, uzorci mišićnih tkiva su do analize pohranjeni na - 80 °C.

Preostale životinje izložene su gladovanju, a vodu su i dalje dobivale *ad libitum*. Nakon 48-satnog gladovanja nasumce je izdvojeno deset životinja i žrtvano. Postupak s tkivima po žrtvovanju bio je istovjetan kao u prvoj fazi pokusa.

Uzorci mišićnih tkiva su homogenizirani u 0,14 mol/L KCl na ledu s teflon - staklo Schüthomogen^{plus} homogenizatorom. Grudni mišić je homogeniziran kroz 120 sekundi, a bedreni 150 sekundi na 2800 okr/min uz hlađenje. Odnos mase tkiva i pufera iznosio je 1:5 (w/v). Homogenat je centrifugiran na 1500g, 15 minuta na 4 °C. U supernatantu je koncentracija triglicerida i kolesterola određena gotovim kompletima tvrtke Randox (Irska), na spektrofotometru Helios δ, ThermoSpectronic i izražena po gramu tkiva.

Koncentracija lipidskih peroksida mjerena metodom koncentracije reaktivnih spojeva tiobarbiturne kiseline (engl. thiobarbituric-acid reactive substan-

ces, TBARS) određena je metodom po Trotta i sur. (1982). Apsorpcijski koeficijent $1,5 \times 10^5$ korišten je za preračunavanje u mol/L (Placer i sur., 1966). Vrijednosti su izražene u $\mu\text{mol/g}$ proteina.

Za određivanje aktivnosti lipo-proteinske lipaze grudni i bedreni mišić su odmašćeni u acetonu. Nakon centrifugiranja fibrozni ostatak je inkubiran u $\text{NH}_3\text{-HCl}$ puferu (Korn i Quigley, 1957) koji sadrži 2 IU heparina/mL (Levy i sur., 1990.). Centrifugiranjem je dobiven supernatant u kojem je aktivnost LPL određena s trioleinskom emulzijom (Herbos dijagnostika, Sisak, Hrvatska) prema Sato i sur. (1997). Koncentracija oslobođenih masnih kiselina je određena kolorimetrijskom metodom (Randox, Irska). Jedinica aktivnosti LPL izražena je kao 1 μmol masnih kiselina oslobođenih u minuti po gramu proteina. Koncentracija proteina određena je metodom po Lowry i sur. (1951) s goveđim albuminom kao standardom.

Dobiveni rezultati obrađeni su statistički, a značajnost razlika među rezultatima provjerena je t-testom po Studentu korištenjem računalnog programa Statistica 7.

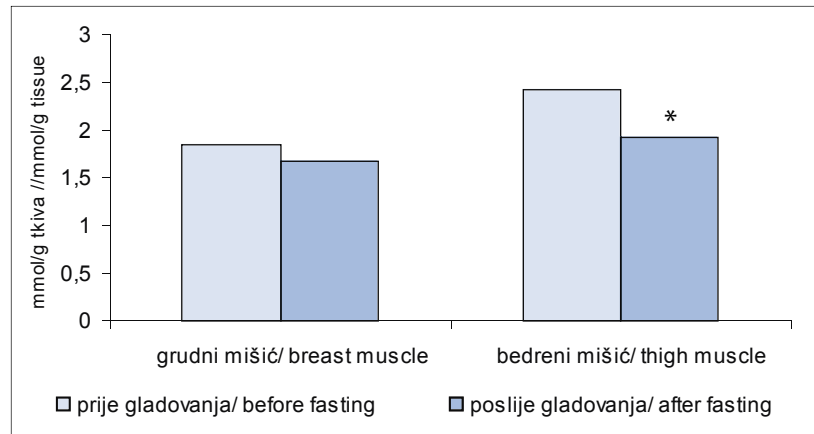
REZULTATI

Na slici 1. prikazane su srednje vrijednosti koncentracija triglicerida u grudnom i bedrenom mišiću pilića nakon završetka tova (u dobi od 42 dana) i nakon 48-satnog gladovanja. Nakon završetka tova, koncentracija triglicerida bila je značajno veća u bedrenom mišiću pilića ($p < 0,05$) u odnosu na grudni mišić. Koncentracija triglicerida u bedrenom mišiću nakon gladovanja značajno se smanjila ($p < 0,05$) dok je u grudnom mišiću bila niža iako ne statistički značajno ($p > 0,05$) u usporedbi s vrijednostima prije gladovanja.

Kretanje srednjih vrijednosti koncentracija koleste-

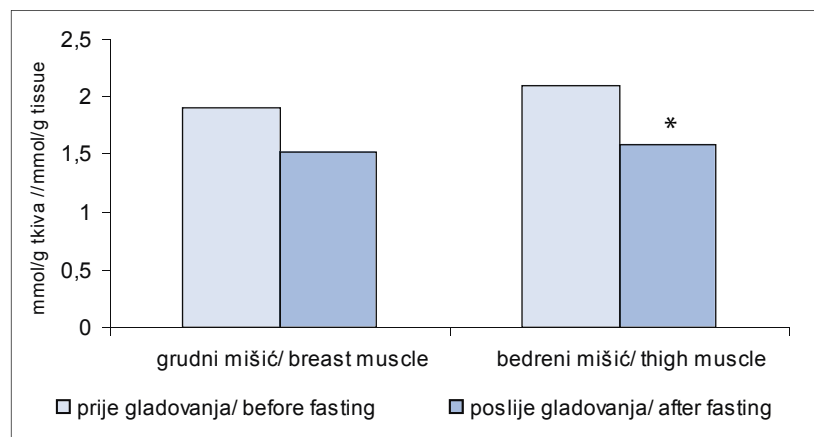
▼ **Slika 1.** Koncentracije triglicerida u grudnom i bedrenom mišiću pilića prije i poslije gladovanja. Značajnost razlika prije i poslije gladovanja $*p < 0,05$

▼ **Figure 1.** Triacylglycerol concentrations in breast and thigh muscle of chickens before and after fasting. Significant differences before and after fasting $*p < 0,05$



▼ **Slika 2.** Koncentracije kolesterola u grudnom i bedrenom mišiću pilića prije i poslije gladovanja. Značajnost razlika prije i nakon gladovanja $*p < 0,05$

▼ **Figure 2.** Cholesterol concentrations in breast and thigh muscle of chickens before and after fasting. Significant differences before and after fasting $*p < 0,05$

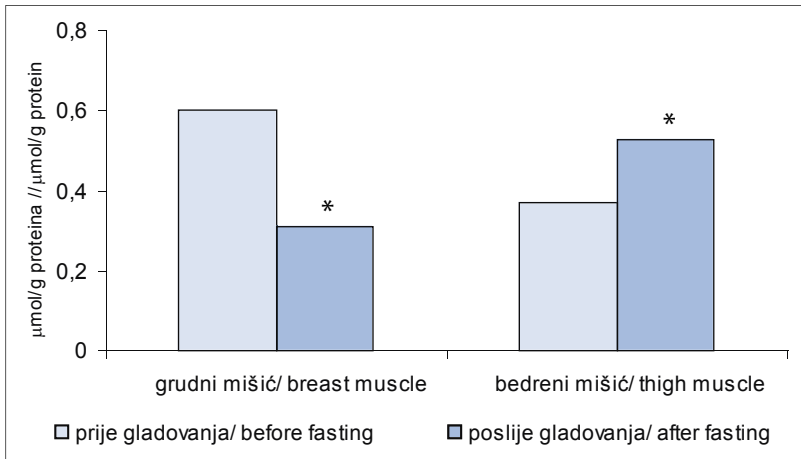


rola u grudnom i bedrenom mišiću pilića nakon završetka tova i nakon 48-satnog gladovanja prikazano je na slici 2. Nakon završetka tova koncentracije kolesterola u grudnom i bedrenom mišiću nisu se statistički značajno razlikovale. Gladovanje je rezultiralo značajnim smanjenjem koncentracije kolesterola u bedrenom mišiću ($p < 0,05$).

Srednje vrijednosti koncentracija lipidskih peroksida u grudnom i bedrenom mišiću pilića u dobi od 42 dana i nakon 48-satnog gladovanja prikazane su na slici 3. U dobi od 42 dana pilići su imali statisti-

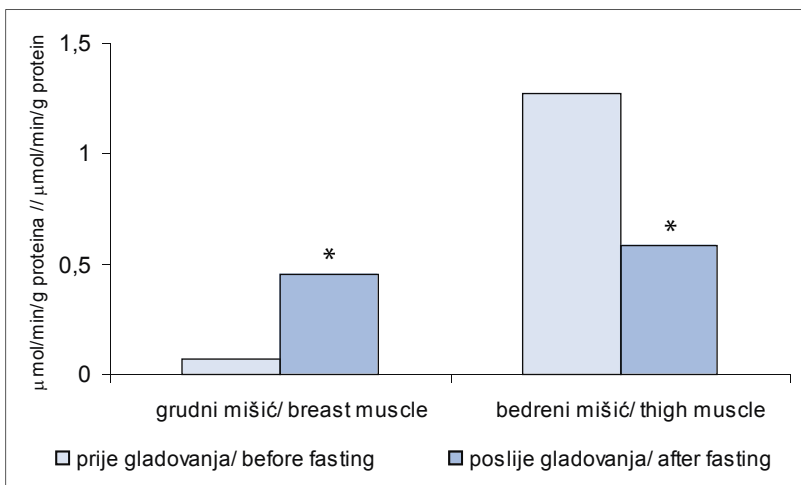
▼ **Slika 3.** Koncentracije TBARS u grudnom i bedrenom mišiću pilića prije i poslije gladovanja. Značajnost razlika prije i nakon gladovanja * $p < 0,05$

▼ **Figure 3.** TBARS concentrations in breast and thigh muscle of chickens before and after fasting. Significant differences before and after fasting * $p < 0,05$



▼ **Slika 4.** Koncentracije kolesterola u grudnom i bedrenom mišiću pilića prije i poslije gladovanja. Značajnost razlika prije i nakon gladovanja * $p < 0,05$

▼ **Figure 4.** Cholesterol concentrations in breast and thigh muscle of chickens before and after fasting. Significant differences before and after fasting * $p < 0,05$



čki značajno veću koncentraciju lipidskih peroksida u grudnom mišiću ($p < 0,05$) u odnosu na bedreni mišić. Koncentracija TBARS se u grudnom mišiću značajno smanjila ($p < 0,05$), a u bedrenom mišiću se povećala ($p < 0,05$) nakon izlaganja pilića gladovanju.

Na slici 4. prikazano je kretanje srednjih vrijednosti aktivnosti lipoproteinske lipaze u grudnom i bedrenom mišiću pilića nakon završetka tova i nakon 48-satnog gladovanja. Nakon završetka tova aktivnost lipoproteinske lipaze bila je značajno veća u

ovog istraživanja jer je koncentracija triglicerida na kraju tova bila oko 25% veća u bedrenom u odnosu na grudni mišić. Poznato je da su mišićni trigliceridi metabolički aktivni te služe kao izvor energije za vrijeme vježbanja i gladovanja. U ovom istraživanju koncentracija triglicerida je nakon 48-satnog gladovanja značajno smanjena u bedrenom ($p < 0,05$) mišiću zbog smanjenog unosa masnih kiselina u mišićne stanice i posljedično povećane hidrolize endogenih triglicerida i oksidacije masnih kiselina (Goodpaster

bedrenom mišiću pilića ($p < 0,05$) u odnosu na grudni mišić. Aktivnost LPL u grudnom mišiću pilića nakon 48-satnog gladovanja bila je statistički značajno viša ($p < 0,05$) u usporedbi s vrijednostima prije gladovanja dok je u bedrenom mišiću zabilježen značajan pad aktivnosti ($p < 0,05$).

RASPRAVA I ZAKLJUČCI

Vlakna skeletnih mišića nemaju iste metaboličke i mehaničke karakteristike. Oksidativna, spora vlakna imaju velik broj mitohondrija što znači i veliki kapacitet oksidativne fosforilacije dok glikolitička, brza vlakna imaju veliku aktivnost glikolitičkih enzima i veću zalihu glikogena. U skeletnim mišićima mogu se pohraniti i oksidirati masne tvari i ugljikohidrati (Goodpaster i Kelley, 1998).

Trigliceridi predstavljaju koncentrirana skladišta metaboličke energije. Iako je najveća zaliha triglicerida u masnom tkivu (Angel i Farkas, 1974), mišićne stanice imaju sposobnost pohraniti masne tvari (Goodpaster i Kelley, 1998). Glavna razlika u metabolizmu mišićnih vlakana je veća aktivnost oksidacijskih enzima u crvenim mišićima pa je u skladu s tim i koncentracija triglicerida veća u crvenim, oksidativnim mišićima ljudi i životinja (Guo, 2001). To potvrđuju i rezultati

i Kelley, 1998). Herzberg i Farrell (2003) su također utvrdili da 48-satno gladovanje dovodi do smanjenja koncentracije triglicerida u crvenom mišiću štakora.

Tijekom gladovanja dolazi do smanjenja intenziteta metabolizma (Blem, 2000) i oksidativnog oštećenja molekula tako da je u ovom istraživanju nakon gladovanja došlo do smanjenja koncentracije lipidskih peroksida u grudnom mišiću što je u skladu s istraživanjem Naziroglu i sur. (2000). Oksidativni mišići zbog mnogobrojnih mitohondrija izloženi su većem stvaranju reaktivnih kisikovih spojeva i njihovom štetnom djelovanju. U ovom istraživanju 48-satno gladovanje dovelo je do povećanja koncentracije lipidskih peroksida u bedrenom mišiću. Porast TBARS u crvenom mišiću upućuje na intenzivnu lipidsku peroksidaciju i povećanu osjetljivost bedrenog mišića na oksidativni stres.

Za razliku od masne stanice gdje je većina kolesterola pohranjena u obliku kapljice, a manji dio smješten u membrani stanice kao funkcionalni kolesterol, u mišićnim stanicama, većina kolesterola je sastavni dio membrane (Hoelscher i sur., 1988). U ovom istraživanju koncentracija kolesterola u bedrenom mišiću na kraju tova bila je oko 10% veća nego u grudnom što je u skladu s rezultatima Konjufca i sur. (1997) kod pilića, Baggio i sur. (2002) kod purića te Sales (1998) kod nojeva.

Osnovna strukturna razlika crvenog i bijelog mišića je veća količina membranskih struktura, prvenstveno sarkoplazmatskih mrežica bogatih kolesterolom u crvenom mišiću (Konjufca i sur., 1997). Osim toga, ukupni kolesterol u crvenom mišiću veći je nego u bijelom i zato što je količina ukupnih lipida u crvenom mišiću veća (Komprda i sur., 2003). U ovom istraživanju došlo je do smanjenja koncentracije kolesterola u bedrenom ($p < 0,05$) mišiću nakon 48-satnog gladovanja. Dosadašnja istraživanja pokazuju da gladovanje utječe na porast koncentraciju kolesterola u serumu roveke nakon 24-satnog gladovanja (Yasuhara i sur., 1991) i kod japanskih prepelica nakon 48-satnog gladovanja (Lamošová i sur., 2004) dok se koncentracija kolesterola u masnom tkivu pilića nakon 48-satnog gladovanja smanjuje (Beer Ljubić i sur., 2006). Ovakve promjene rezultat su mobilizacije kolesterola iz jetre i masnog tkiva (Swaner i Connor, 1975; Lamošová i sur., 2004.) Budući da mišićno tkivo čini oko 40% mase tijela, a od uku-

pne koncentracije kolesterola u organizmu veliki dio se nalazi upravo u mišićima, kolesterol u mišićima sigurno doprinosi ukupnoj homeostazi kolesterola u sisavaca i ptica (Konjufca i sur., 1997).

Lipoproteinska lipaza ima važnu ulogu u regulaciji odlaganja triglicerida u masne i mišićne stanice u skladu s energetske potrebama organizma. U ovom istraživanju, po završetku tova aktivnost LPL bila je značajno veća u bedrenom mišiću gdje je i veće odlaganje masnih tvari. Naši rezultati sukladni su istraživanjima Tan i sur. (1977).

Kako mobilizacija masnih tvari u gladovanju ovisi o zalihama glikogena i masnih tvari te trajanju gladovanja tako su i rezultati aktivnosti LPL ovisni o duljini uskraćivanja hrane životinjama. Tako na primjer Ladu i sur. (1991) nisu zabilježili promjenu aktivnosti LPL nakon 24-satnog gladovanja u skeletnim mišićima dok se nakon 6 dana gladovanja aktivnost LPL povećala i u bijelom i u crvenom mišiću. Nasuprot tome, Sugden i sur. (1993) su utvrdili da je aktivnost LPL u skeletnim mišićima štakora značajno povećana između 9. i 12. sata gladovanja. U ovom istraživanju 48-satno gladovanje dovelo je do porasta aktivnosti u grudnom ($p < 0,05$) i pada aktivnosti u bedrenom mišiću ($p < 0,05$) pilića. Kako su Sato i sur. (1997) ukazali na postojanje razlika u svojstvima LPL u masnom tkivu pilića i štakora, aktivnost LPL u ovom istraživanju mogla bi se pripisati vrsnoj specifičnosti.

Rezultati ovog istraživanja potvrđuju da sukladno razlici u građi i metabolizmu promatranih mišića, bedreni mišić ima veću koncentraciju triglicerida i veću aktivnost lipoproteinske lipaze nakon završetka tova dok u gladovanju dolazi do potrošnje zaliha masnih tvari kao i povećanja osjetljivosti na oksidativna oštećenja.

SUMMARY

LIPID METABOLISM IN SKELETAL MUSCLE OF BROILER CHICKENS AFTER FATTENING PERIOD AND FASTING

The purpose of this study was to investigate the effect of fasting on lipid concentrations and lipoprotein lipase activity in breast and thigh muscle of Ross 308 broiler chickens.

Muscle tissue samples were collected at the age of 42 days and after 48 hours food deprivation and triacylglycerol, cholesterol and lipid peroxide concentrations and lipoprotein lipase activity were assayed. After fattening

period, triacylglycerol concentrations ($p < 0,05$) and lipoprotein lipase activity ($p < 0,05$) in chicken thigh muscle were higher compared with breast muscle.

Fasting significantly decreased triacylglycerols ($p < 0,05$) and cholesterols ($p < 0,05$) and increased lipid peroxidation ($p < 0,05$) in thigh muscle of chickens. At the same time, lipid peroxidation intensity significantly decreased ($p < 0,05$) in breast muscle. Lipoprotein lipase activity in breast muscle significantly increased ($p < 0,05$) whereas in thigh muscle decreased ($p < 0,05$) after fasting. The results of this study confirm the differences in lipid metabolism of breast and thigh muscle of chickens. Thigh muscle has higher triacylglycerol concentrations and lipoprotein lipase activity after fattening period but after fasting lipid content of the thigh muscle decrease whereas susceptibility of muscle to lipids peroxidation increase.

Key words: chicken, triacylglycerols, cholesterol, lipoprotein lipase, skeletal muscle, fasting

LITERATURA

Angel, A., J. Farkas (1974): Regulation of cholesterol storage in adipose tissue. *J. Lipid Res.* 15, 491-499.

Baggio, S. R., E. Vicente, N. Bragagnolo (2002): Cholesterol oxides, cholesterol, total lipids and fatty acid composition in turkey meat. *J. Agric. Food Chem.* 50, 5981-5986.

Beer Ljubić, B., S. Milinković-Tur, J. Piršljin, M. Zdelar-Tuk, N. Filipović (2006): Effect of organic selenium food supplementation and fasting on adipose tissue lipid concentrations and lipoprotein lipase activity in broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*, XII European Poultry Conference, Book of Abstract, Verona, Italy 426-427.

Blem, C. R. (2000): Energy balance. U: *Sturkie's Avian Physiology*: Whittow G. C., 5th edition. Academic Press. London, New York. 461-469.

Campbell, W. G., S. E. Gordon, C. J. Carlson, J. S. Pattison, M. T. Hamilton, F. W. Booth (2001): Differential global gene expression in red and white skeletal muscle. *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* 280, C763-C768.

Dransfield, E., A. A. Sosnicki (1999): Relationship between muscle growth and poultry meat quality. *Poul. Sci.* 78, 743-746.

Galan, X., M. Llobera, I. Ramirez (1994): Lipoprotein lipase and hepatic lipase in Wistar and Sprague-Dawley rat tissues. Differences in the effects of gender and fasting. *Lipids.* 29, 333-336.

Goodpaster, B. H., D. E. Kelley (1998): Role of muscle in triglyceride metabolism. *Curr. Opin. Lipidol.* 9, 231-236.

Gradinski-Vrbanac, B., D. Emanović, S. Milinković-Tur, Z. Stojević, Ž. Župančić, V. Sušić, J. Gregurić, V. Dobranić (1999): Influence of hypothermia on chicken erythrocyte lipid peroxidation in vivo. *Vet. Med.-Czech.* 44, 129-132.

Griminger, P. (1986): Lipid metabolism. U: *Avian Physiology*. 4th edition. Urednik: P.D. Sturkie, Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo

Guo, Z. (2001): Triglyceride content in skeletal muscle: Variability and the source. *Anal. Biochem.* 296, 1-8

Guyton, A. C., J. E. Hall (2003): Metabolizam i regulacija temperature. U: *Medicinska fiziologija*. deseto izdanje. W. B. Saun-

ders Company, Philadelphia, Pennsylvania, 772-833.

Halliwell, B., J. M. C. Gutteridge (1999): Antioxidant defences. U: *Free radicals in biology and medicine*. Oxford University press, 141.

Harvey, A. L., I. G. Marshall (2000): Skeletal Muscle. U: *Sturkie's Avian Physiology*: Whittow G. C., 5th edition. Academic Press. London, New York. 461-469.

Hermier, D. (1997): Lipoprotein metabolism and Fattening in Poultry. *J. Nutr.* 127, 805S-808S.

Herzberg, G. R., B. Farrell (2003): Fasting-induced, selective loss of fatty acids from muscle triacylglycerols. *Nutr. Res.* 23, 205-213.

Hirabayashi, M., D. Ijiri, Y. Kamei, A. Tajima, Y. Kanai (2005): Transformation of skeletal muscle from fast- to slow-twitch during acquisition of cold tolerance in the chick. *Endocrinology* 146, 399-405.

Hoelscher, L. M., J. W. Savell, S. B. Smith, H. R. Cross (1988): Subcellular distribution of cholesterol within muscle and adipose tissue of beef loin steaks. *J. Food Sci.* 53, 718-722.

Karpe, F., T. Olivecrona, G. Olivecrona, J. S. Samra, L. K. M. Summers, S. M. Humphreys, K. N. Frayn (1998): Lipoprotein lipase transport in plasma: role of muscle and adipose tissues in regulation of plasma lipoprotein lipase concentrations. *J. Lipid Res.* 39, 2387-2393.

Komprda, T., J. Zelenka, E. Fajmonová, P. Bakaj, P. Pecuhová (2003): Cholesterol content in meat of some poultry and fish species as influenced by live weight and total lipid content. *J. Agric. Food Chem.* 51, 7692-7697.

Konjufca, V. H., G. M. Pesti, R. I. Bakali (1997): Modulation of cholesterol levels in broiler meat by dietary garlic and copper. *Poul. Sci.* 76, 1264-1271.

Korn, E. D., T. W. Quingley (1957): Lipoprotein lipase of chicken adipose tissue. *J. Biol. Chem.* 226, 833-839.

Kraus, B. R., A. D. Hartman (1984): Adipose tissue and cholesterol metabolism. *J. Lipid Res.* 25, 97-110.

Ladu, M. J., H. Kapsas, W. K. Palmer (1991): Regulation of lipoprotein lipase in adipose and muscle tissues during fasting. *Am. J. Physiol.* 260, 953-959.

Lamošová, D., M. Maáčajová, M. Zeman (2004): Effect of Short-time Fasting on Selected Physiological Functions in Adult Male and Female Japanese Quail. *Acta Vet. Brno* 73, 9-16.

Le Lay, S., P. Ferré, I. Dugail (2004): Adipocyte cholesterol balance in obesity. *Biochem. Soc. Trans.* 32, 103-106.

Levy, E., L. Thibault, C. Garofalo, M. Messier, G. Lepage, N. Ronco, C. C. Roy (1990): Combined (n-3 and n-6) essential fatty deficiency is a potent modulator of plasma lipids, lipoprotein composition, and lipolytic enzymes. *J. Lipid Res.* 31, 2009-2017.

Llado, I., A. Pons, A. Palou (1999): Effects of fasting on lipoprotein lipase activity in different depots of white and brown adipose tissues in diet-induced overweight rats. *J. Nutr. Biochem.* 10, 609-614.

Lodish, H. (1951): Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193, 265-267.

Mahmoud, K. Z., F. W. Edens (2003): Influence of selenium sources on age-related and mild heat stress-related changes of blood and liver glutathione redox cycle in broiler chickens (*Gallus domesticus*). *Comp. Biochem. Physiol.* 136, 921-934.

Naziroglu, M., K. Sahin, H. Simsek, N. Aydıleik, O. N. Ertas (2000): Effects of food withdrawal and darkening on lipid perox-

idation of laying hens in high ambient temperatures. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 107, 199-202.

Peebles, E. D., M. R. Burnham, R. L. Walzem, S. L. Branton, P. D. Gerard (2004): Effects of fasting on serum lipids and lipoproteins profiles in the egg-laying hen (*Gallus domesticus*). Comp. Biochem. Physiol. 138, 305-311.

Placer, Z. A., L.L. Cushman, B. Connor Johnson (1966): Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems. Anal. Biochem. 16, 359-364.

Sales, J. (1998): Fatty acid composition and cholesterol content of different ostrich muscle. Meat Sci. 49, 489-492.

Sato, K., Y. Akiba, M. Horiguchi (1997): Species differences between chickens and rats in chemical properties of adipose tissue lipoprotein lipase. Comp. Biochem. Physiol. 118A, 855-858.

Sävendahl, L., L. E. Underwood (1999): Fasting Increases Serum Total Cholesterol, LDL Cholesterol and Apolipoprotein B in Healthy, Nonobese Humans. J. Nutr. 129, 2005-2008.

Sugden, M. C., M. J. Holness, R. M. Howard (1993): Changes of lipoprotein lipase activities in adipose tissue, heart and skeletal muscle during continuous or interrupted feeding. Biochem. J. 292, 113-119.

Swaner, J. C., W. E. Connor (1975): Hypercholesterolemia of total starvation: its mechanism via tissue mobilization of cholesterol. Am. J. Physiol. 229, 365-369.

Tan, M. H., T. Sata, R. J. Havel (1977): The significance of lipoprotein lipase in rat skeletal muscle. J. Lipid Res. 18, 363-370.

Trotta, R. J., S.G. Sullivan, A. Stern (1982): Lipid peroxidation

and hemoglobin degeneration in red blood cells exposed to t-butyl hydroperoxide. Biochem. J. 204, 405-415.

Tsopanakis, C., C. Tesserommatis (1990): Cold Swimming Stress: Effects on Serum Lipids, Lipoproteins and LCAT Activity in Male and Female Rats. Pharmacol. Biochem. Behav. 38, 813-816.

Yasuhara, M., T. Ohara, N. Matsuki, H. Saito, J. Shiga, K. Inoue, K. Kurokawa, T. Teramoto (1991): Induction of fatty liver by fasting in suncus. J. Lipid Res. 32, 887-891

*Rad je prezentiran na VII. znanstveno-stručnom simpoziju PERADARSKI DANI 2007. s međunarodnim sudjelovanjem, Poreč 07. – 10. svibnja 2007.

**Izrada ovog rada je odobrena od Uprave za veterinarstvo Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva RH rješenjem klasa: UP/I 322-01/04-01/119, ur. br. 525-06-04-02 LJ.Z. od 25. listopada 2004.

Istraživanja su financirana od Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH projekt broj 053-0531854-1866.

Zahvala

Autori se zahvaljuju Jasni Sačer na velikoj pomoći tijekom tehničke izvedbe pokusa.

Prispjelo / Received: 1.6.2007.

Prihvaćeno / Accepted: 15.6.2007. ■

POSTUPCI DOKAZIVANJA VRSTE ANIMALNIH BJELANČEVINA

Smajlović¹ M., A. Kratina², A. Smajlović³, F. Čaklovića¹, D. Alagić¹, K. Čaklovića¹, E. Članjak, E. Kratina⁴

SAŽETAK

Identifikacija vrste mesa odnosno vrste animalnih bjelančevina vrši se u mnogim zemljama iz različitih razloga, kako ekonomskih tako i religijskih i zdravstvenih. Cilj te identifikacije je sprečavanje zamjene odgovarajućeg

mesa, namijenjenog za ljudsku upotrebu, s neodgovarajućim ili manje vrijednim.

Identifikaciju vrste mesa često otežava termička obrada mesa i proizvoda od mesa jer tijekom ovih procesa dolazi do promjene svojstava i sastava mesa, što se naročito

¹ Dr. sc. Muhamed Smajlović, viši asistent; dr. sc. Faruk Čaklovića, redoviti profesor; mr.sc. Alagić Davor, viši asistent, Kenan Čaklovića dr.vet.med., asistent, Enida Članjak, dr.vet.med., stručni saradnik; Zavod za higijenu i tehnologiju namirnica, Veterinarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Bosna i Hercegovina

² Mr.sc. Ahmed Smajlović, viši asistent, Zavod za farmakologiju i toksikologiju, Veterinarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Bosna i Hercegovina

³ Spec. Alma Kratina, dr.vet.med., Zenica

⁴ Mr.sc. Emir Kratina, Federalna sanitarna inspekcija, Ministarstvo zdravstva Federacije BiH