

UTJECAJ POLIMORFIZMA FABP3 I LEPR GENA NA SADRŽAJ INTRAMUSKULARNE MASTI U MIŠIĆNOM TKIVU SVINJA

Kristina Budimir, V. Margeta, Gordana Kralik, Polonca Margeta

Pregledni znanstveni članak
Scientific review

SAŽETAK

Intenzivni uvjeti proizvodnje, selekcija usmjerena na povećanje postotka mišićnoga tkiva u polovicama te zahtjevi potrošača doveli su do smanjivanja udjela intramuskularne masti u trupovima svinja. Intramuskularna mast je čimbenik koji utječe na okus, sočnost i mekoću mesa. Porodica FABP proteina dovodi do razlike u sadržaju intramuskularne masti kod različitih pasmina svinja. FABP3 i LEPR geni su kandidatni geni za svojstvo intramuskularne masti, a njihovi polimorfizmi objašnjavaju varijabilnosti koje se javljaju kod različitih pasmina svinja. Cilj je ovoga rada prikazati utjecaj gena na različiti sadržaj intramuskularne masti u trupovima svinja s obzirom na njihov genotip.

Ključne riječi: intramuskularna mast, FABP3 gen, LEPR gena, genotip svinja

UVOD

Intenzivni uvjeti proizvodnje te zahtjevi tržišta i potrošača usmjerili su intenzivno svinjogojstvo u smjeru proizvodnje svinja s visokim postotkom mišićnoga tkiva uz smanjenje udjela masti u trupovima. Posljedično je to dovelo do smanjivanja udjela intramuskularne masti u mišićima, što se odrazilo na kvalitetu mesa. Rješenje navedenoga problema je provođenje selekcije u nukleus stadima za svojstvo sadržaja intramuskularne masti, ali i za ostala tovnostna svojstva koja nisu u međuovisnosti (Tyra i Ropka-Molik, 2011.). Intramuskularna mast utječe na senzorna svojstva mesa. Sadržaj intramuskularne masti važan je s aspekta prerađivačke industrije te potrošača, također i s genetskog aspekta te poboljšavanja genet-

u metaboličkim procesima (Zhao i sur., 2012.). Detektirani su kandidatni geni koji imaju utjecaja na sadržaj intramuskularne masti u trupovima svinja: intracelularni srčani masno-kiselinski vezujući protein (H-FABP) (Li i sur., 2007., Li i sur., 2010.), acil koenzim A diacilglicerol aciltransferaza (DGAT-1), sterol vezujući protein-1c (SREBP-1c) (Chen i sur., 2008.) i leptin receptor (Kim i sur., 2006., Li i sur., 2010.).

UTJECAJ GENOTIPA NA SADRŽAJ INTRAMUSKULARNE MASTI

Svojstvo tovnosti posljedica je interakcije okolišnih čimbenika i genetskog utjecaja. Utvrđena je genetska varijacija sadržaja intramuskularne masti kod različitih

Tablica 1. Varijabilnost sadržaja IMM (%) u ovisnosti o pasmini svinja

Table 1. Variability of IMF (%) content regarding the breed of pigs

Pasma - Breed	IMM, % - IMF, %	Literaturni izvori - References
Njemački landras - German Landrace	1,4	Gotz i sur., 2001.
Mangulica - Mangalitsa	7,5	Hollo, 2004.
Durok - Duroc	2,0	Newcom i sur., 2005.
Iberijska svinja - Iberian Pig	6,0	Daza i sur., 2006.
Pietrain - Pietrain	1,7	Florowski i sur., 2006.
Crna slavonska svinja - Black Slavonian pig	6,0	Karolyi, 2006.
Poljski Landras - Polish Landrace	1,7	Orzechowska i sur., 2008.

skih programa (Schwab i sur., 2009., Cho i sur., 2010.). Provedena istraživanja o utjecaju gena na svojstvo intramuskularne masti usmjerena su na lipogene gene, ne uzimajući pri tome u obzir gene koji imaju važnu ulogu

Kristina Budimir, mag.ing.agr. (kbudimir@pfos.hr), doc.dr.sc. Vladimir Margeta, dr.sc.dr.h.c. Gordana Kralik, prof.emer., dr.sc. Polonca Margeta – Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d, 31 000 Osijek

pasmina svinja. Gispert i sur. (2007.) usporedili su parametre kvalitete mesa kod više pasmina svinja (durok, landras, veliki jorkšir, pietren i meishan). Durok i meishan pasmine pokazale su najveći sadržaj intramuskularne masti u odnosu na ostale pasmine ispitivane u istraživanju. Minimalna preporučena razina intramuskularne masti u mesu je 2-3% (Schwab i sur., 2009.).

Utvrđeni postotak intramuskularne masti u nekih komercijalnih pasmina svinja manji je od 1,5%. Povećanje udjela intramuskularne masti dovodi do bolje teksture, okusa i sočnosti svinjskoga mesa (Hamill i sur., 2012.). Polimorfizmi FABP3 gena ukazuju na fenotipsku varijaciju sadržaja intramuskularne masti kod svinja. Istraživanja provedena na pasminama durok i meishan potvrdila su navedenu hipotezu (Schwab i sur., 2009.). Istraživanje koje su proveli Tyra i Ropka-Molik (2011.)

uključivalo je nekoliko pasmina koje pokazuju različite razine intramuskularne masti (durok, pietren, veliki jorkšir i landras). Sadržaj intramuskularne masti kretao se od 1,95% u *musculus longissimus dorsi* (MLD) te 1,75% u *musculus semimembranosus* (SM). Provedena su istraživanja kojima se identificiralo QTL koji imaju utjecaj na sadržaj intramuskularne masti kod duroka i velikoga jorkšira. Istraživanje koje su proveli Sanchez i sur. (2007.) pokazalo je da poželjni aleli nisu fiksirani u populaciji te je stoga poželjno provoditi selekciju koja bi dovela do njihove fiksacije. Osim toga, detektirano je najmanje dva QTL-a sličnih karakteristika koji se nalaze na različitim kromosomima, a dovode do pojave heterozigotnosti kod nerastova. Recesivni alel (*imf*) gena MI koji utječe na povećanje IMF-a potječe od meishan pasmine svinja.

Tablica 2. Sadržaj intramuskularne masti u različitim dijelovima tijela u ovisnosti o pasmini svinje (Gispert i sur., 2007.)

Table 2. Intramuscular fat content in different parts of the body in dependence on the breed of pigs (Gispert et al., 2007)

	Landras <i>Landrace</i>	Veliki jorkšir <i>Large White</i>	Durok <i>Duroc</i>	Pietren <i>Pietrain</i>	Meishan <i>Meishan</i>
But, g/kg <i>Ham, g/kg</i>	35,98	34,39	41,07	39,86	45,85
Leđa, g/kg <i>Loin, g/kg</i>	46,77	39,53	49,60	41,32	60,54
Lopatica, g/kg <i>Shoulder, g/kg</i>	71,08	66,33	78,38	75,26	87,86
Trbušno-rebarni dio, g/kg <i>Belly-rib part, g/kg</i>	172,31	135,22	178,41	154,58	219,52

GENETSKA OSNOVA POJAVE INTRAMUSKULARNE MASTI

U svinjogojskoj proizvodnji i selekciji usmjerenoj prema poboljšavanju uzgojnih linija i očuvanju genetske varijabilnosti, izuzetno su važne strukturalne varijacije gena koji utječu na pojavu intramuskularne masti (Cho i sur., 2010.). Schwab i sur. (2009.) detektirali su kandidatne gene važne u procesu adipogeneze kod durok pasmine svinja. Istraživanje je bilo usmjereno na MC4R, FABP3, DLK1 i TCF7L2 gen. MC4R i FABP3 geni su pokazali utjecaj na varijaciju intramuskularne masti kod durok pasmine, dok se DLK1 i TCF7L2 gene ne može smatrati kandidatnim genima za to svojstvo kod navedene pasmine. Primjena marker asistiranu selekcije za poboljšavanje kvalitete mesa uz povećanje intramuskularne masti moguća je uzimajući u obzir MC4R i FABP3 gen u uzgojnim programima (Margeta i sur., 2009.).

Pretraga genoma za konzerviranim ortolognim sekvencama, tj. multispecijskim konzerviranim sekvencama (*multispecies conserved sequences*, MCS) i konzerviranim nekodirajućim sekvencama (*conserved noncoding sequences*, CNS) omogućava pristup novome načinu istraživanja genoma. Prilikom analize povezanosti genotipa i fenotipa važno je uzeti u obzir polimorfizam regulatornih regija genoma (Chmurzynska i sur., 2008.). Djelovanje DLK1 gena očituje se u inhibiciji

diferencijacije adipocita. Taj gen pokazuje overdominantno djelovanje. Istraživanja provedena na berkšir i jorkšir pasminama svinja ukazala su da heterozigotne životinje koje su alel 2 naslijedile od oca, a alel 1 od majke imaju značajno bolji rast u odnosu na heterozigotne životinje koje su naslijedile suprotne alele. Istraživanjima je potvrđena povezanost TCF7L2 gena s dijabetesom tipa 2 kod ljudi. MC4R je na 10. kromosomu kod ljudi, a kod svinja na 14. kromosomu. Analizom mutacije MC4R otkriveno je smanjenje sadržaja cAMP i signalizacije MC4R. Kod komercijalnih pasmina svinja potvrđeno je djelovanje MC4R gena na svojstva rasta i dekompozicije masnoga tkiva. Životinje koje su homozigoti za alel A (Asp) imaju tanju leđnu slaninu i smanjene prosječne dnevne priraste u odnosu na svinje koje su homozigoti za alel G (Asn).

Fenotipsko i genetsko mjerenje intramuskularne masti pod utjecajem je usko povezanih gena koji se nalaze na kromosomima 1. i 6. varijacije, koje se javljaju između pojedinih linija, objašnjene su epistatičkim djelovanjem. Polimorfizme MC4R i FABP3 gena koji se javljaju moguće je iskoristiti za poboljšavanje intramuskularne masti kod svinja primjenom marker asistiranu selekcije.

Genetske informacije diferencijalno eksprimiranih gena te razina njihove ekspresije utječu na genetsku osnovu aminokiselina. Liu i sur. (2009.) te Liu i Xiong (2009.) u svojim su istraživanjima utvrdili pojavu diferen-

cijalno eksprimiranih gena u mišićnome tkivu. Važnost genetskih varijacija diferencijalno eksprimiranih gena očituje se u objašnjenju fenotipskih varijacija lokusa kvantitativnih svojstava.

Postoji 30 staničnih i molekularnih funkcija povezanih s diferencijalno eksprimiranim genima koje dovodimo u vezu s udjelom intramuskularnom masti. Dva najvažnija procesa odnose se na staničnu organizaciju, u koju je uključeno 30 gena, te metabolizam ugljikohidrata, u koji je uključeno 20 gena (Hamill i sur., 2012.). Lokusi kvantitativnih svojstava detektirani na 4. i 6. kromosomu povezani su s tovnim svojstvima. Na 4. kromosomu nalazi se FABP4 (A-FABP), dok je na 6. kromosomu detektiran FABP3 (H-FABP). Geni za FABP3 i LEPR gena nalaze se u blizini lokusa kvantitativnih svojstava odgovornih za tova svojstva te se stoga te gene smatra kandidatnim genima za tova svojstva (Tyra i Ropka-Molik, 2011.).

FABP PORODICA PROTEINA

FABP proteini pripadaju skupini vezujućih proteina koji sudjeluju u metabolizmu masti (Cho i sur., 2010.). Ti proteini pripadaju obitelji lipidno vezujućih proteina koji imaju značajnu ulogu u intracelularnoj transportu masnih kiselina. Omogućuju transport dugolančanih masnih kiselina do njihovoga metaboličkoga mjesta. Detektirane su i ostale funkcije: sudjelovanje u regulaciji ekspresije gena i staničnome rastu te transport masnih kiselina. Do sada je identificirano devet specifičnih citoplazmatskih FABP proteina. Njihova tercijarna struktura visoko je konzervirana (Shan i sur., 2009.). Primarna je uloga svih proteina koji pripadaju FABP porodici proteina regulacija metabolizma lipida i intracelularni transport. Struktura je tih proteina slična, β prsten te jedan ligand koji može biti masna kiselina, kolesterol i retinoid. Proteinska je sekvenca varijabilna, no struktura je gena identična. FABP geni se sastoje od 4 eksona i 3 introna koji su u istoj kromosomskoj regiji (Chmurzynska, 2006.).

FABP3 prvi je put pronađen u skeletnim mišićima i srčanome tkivu. Chen i sur. (2008.) u svome su ga istraživanju detektirali i u masnome tkivu te u subkutanim i intramuskularnim adipocitima (Samulin i sur., 2008., Shan i sur., 2009.). Zabilježena je njegova uloga tijekom procesa adipogeneze. FABP4 održava ravnotežu između lipogeneze i lipolize u preadipocitima, a njegova je ekspresija posebno izražena tijekom kasnijih faza adipogeneze. On je detektiran u adipocitima i makrofagima. Uloga mu je transport masnih kiselina, lipidnih enzima te hormon osjetljive lipaze. Epiteli tip FABP proteina, FABP5, eksprimiran je u adipoznome tkivu i adipocitima svinja, ali i ljudi. Njegova se uloga očituje u regulaciji proliferacije melanocita te diferencijacije keratinocita. Omjer FABP4/FABP5 ima utjecaj na regulaciju metabolizma lipida. FABP3 protein velik je 15 kDa te se nalazi u jetri, bubrezima, mliječnoj žlijezdi, crvenim mišićima i srcu (Wang i sur., 2012.). FABP4 nalazi se na 4q12, dok je FABP3 na 6q26. FABP3 i FABP4 proteini pripadaju

skupini FABP proteina koji imaju važnu ulogu u metabolizmu masti kod svinja. Njihov položaj na 6. kromosomu dovodi se u vezu s ostalim kandidatnim genima koji su detektirani na istome kromosomu, a utječu na svojstva kvalitete mesa. FABP1 je detektiran u adipoznome tkivu, no njegova je uloga značajna za regulaciju proliferacije i diferencijacije embrijonskih stem stanica. Samulin i sur. (2008.) u svome su istraživanju potvrdili da je FABP1 eksprimiran i u jetri, gdje se njegova uloga očituje u regulaciji oksidacije masnih kiselina. Uspoređujući različite razine genetske ekspresije tih gena kod komercijalnih i autohtonih pasmina svinja, može se doći do zaključaka o molekularnim mehanizmima koji dovode do specifičnih razlika u kvaliteti mesa (Wang i sur., 2012.).

FABP3 GEN

FABP3 gen može se koristiti kao genetski marker u selekciji za svojstvo sadržaja intramuskularne masti. On je prisutan u oksidativnim mišićnim vlaknima te je uključen u procesima uzimanja i korištenja dugolančanih masnih kiselina. Ima važnu ulogu kod skeletnih mišića, a pretpostavka je mogućnosti predviđanja nakupljanja masti tijekom kasnijih faza života (Cho i sur., 2010., Tyra i Ropka-Molik, 2011.). Osim toga, on može imati utjecaj i na staničnu diferencijaciju te transkripciju gena (Tyra i Ropka-Molik, 2011.). FABP3 ima ulogu u procesima preadipocitne diferencijacije, transporta masnih kiselina tijekom različitih stupnjeva adipogeneze i stvaranja adipoznoga tkiva, sudjeluje u procesima stanične signalizacije i inhibicije rasta. Osim toga, njegovo se djelovanje ogleda i u procesima metabolizma lipida putem transporta dugolančanih masnih kiselina koje vežu acetil koenzim A i acetil-L-karnitin (Cho i sur., 2010.).

Glavna je uloga toga proteina sudjelovanje pri korištenju dugolančanih masnih kiselina. Istraživanjima treba potvrditi FABP3 gen kao kandidatni gen kojim se objašnjava varijabilnost svojstava povezanih s pojavom adipoznoga tkiva. Cho i sur. (2010.) u svome su istraživanju htjeli pokazati razinu genetske ekspresije FABP3 gena kao kandidatnoga gena u različitim razvojnim fazama. Tyra i sur. (2013.) navode istraživanje Arnyasia i sur (2006.), koji su utvrdili da je 30-35% varijacije IMF-a u promatranoj populaciji posljedica polimorfizma FABP3 gena. Istraživanja koje su proveli Gerbens i sur. (2001.) te Zhao i sur. (2012.) potvrdili su povezanost polimorfizma FABP3 gena sa sadržajem intramuskularne masti. Wang i sur. (2012.) proveli su istraživanje kojim su uspoređivali ekspresiju FABP3 i FABP4 mRNA gena kod pasmina velikoga jorkšira i meishan pasmine svinja. Ekspresija gena kod meishan pasmine bila je veća u odnosu na velikoga jorkšira u postnatalnoj fazi razvoja. Istraživanja polimorfizma FABP3 gena proveli su Tyra i Ropka-Molik (2011.), Schwab i sur. (2006.) te Gerbens i sur. (2001.). Tyra i Ropka-Molik (2011.) pokazali su da mutacija FABP3:c.103C>T utječe na sadržaj IMF. Gerbens i sur. (2001) potvrdili su povezanost između sadržaja IMF-a te FABP3:c.1489C>T i FABP3:c.1811G>C.

LEPR GEN

LEPR gen je mapiran na kromosomu 6 i poznat je njegov utjecaj na točna svojstva svinja i regulaciju konzumiranja hrane. Muñoz i sur. (2011.) navode povezanost nesinonimske mutacije p.Leu663Phe s konzumiranjem hrane te, posljedično tome, i sa stvaranjem masnoga tkiva. Mutacija je detektirana na eksonu 14 LEPR gena. Najviša razina mRNA LEPR gena pronađena je u hipotalamusu, što se dovodi u vezu s regulacijom apetita i metabolizmom glukoze. Polimorfizam LEPR gena utječe na odlaganje masti i ostvarivanje prosječnoga dnevnoga prirasta svinja (Tyra i sur., 2013.). Djelovanje i uloga leptina dobro je poznata. Poznate su njegove funkcije koje uključuju reguliranje unosa hrane te mobilizacije masti u organizmu. Leptin je protein čije je djelovanje posredovano putem leptin receptora i LEPR gena, kojeg se smatra kandidatnim genom za svojstva rasta. Rodriguez i sur. (2010.) istražili su utjecaj polimorfizam LEPR gena na unos hrane kod križanaca durok x iberijska pasmina, dok su Muñoz i sur. (2009.) proveli istraživanje utjecaja polimorfizma na svojstva rasta i točna svojstva kod križanaca landras x iberijska x meishan pasmina. Navedena mutacija dovodi do zamjene aminokiselina leucina i fenilalanina (Leu663Phe). Utjecaj LEPR gena u ovisnosti je o fazi tova i rasta životinja. Rodriguez i sur. (2010.) svojim su istraživanjem utvrdili da se njegov utjecaj povećava s trajanjem tovnoga razdoblja. Konzumacija obroka u ovisnosti je o pasmini, spolu i linijama. Zabilježene su razlike između pasmina u pogledu rasta, kvalitete mesa i svojstva trupa (Bertol i sur., 2013.). Debljina leđne slanine pod utjecajem je mutacije LEPR gena. Utjecaj LEPR gena na sastav masnih kiselina u masnome tkivu ogleđa se preko njegovoga utjecaja na uzimanje hrane. Zabilježeno je povećanje zasićenih masnih kiselina uz smanjenje mononezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina. Pod najvećim su utjecajem bile palmitinska, oleinska i stearinska masna kiselina u intramuskularnoj masti. Djelovanje polimorfizma LEPR gena na rast, unos hrane, kvalitetu mesa i nakupljanje masti može se objasniti disfunkcijom metaboličkih putova i energetskim balansom, koji nastaju zbog mutacije LEPR gena c.2002C>T ili neke druge mutacije koja se nalazi blizu navedenoga gena.

POVEZANOSTI INTRAMUSKULARNE MASTI SA SVOJSTVIMA KVALITETE MESA

Intramuskularna mast ima važan utjecaj na teksturu, okus, nježnost i sočnost mesa. Sadržaj intramuskularne masti utječe na senzorna svojstva mesa i u pozitivnoj je korelaciji s nježnosti i sočnosti mesa (Schwab i sur., 2009., Cho i sur., 2010.). Suzuki i sur. (2005.) te Suzuki i sur. (2006.) u svojim istraživanjima potvrdili su povezanost sadržaja masnih kiselina u intramuskularnome masnome tkivu sa svojstvima kvalitete mesa. Organoleptička i nutritivna svojstva svinjskoga mesa moguće

je poboljšati utvrđivanjem genetske osnove sadržaja intramuskularne masti u tkivu životinja. Razlike koje se javljaju zbog utjecaja hranidbe i tehnologije ograničavajući su čimbenici koji mogu spriječiti poboljšavanje svojstava s genetskog aspekta (Quintanilla i sur., 2011.). Ekspresija određenih gena može biti pod utjecajem hranidbe te se upravo modificiranjem hranidbe svinja može utjecati na ekspresiju gena povezanih s tovnim svojstvima u odnosu na životinje koje su hranjene standardnim krmnim smjesama. Kako bi se to moglo ostvariti, potrebno je poznavati metaboličke procese te genetsku kontrolu svojstava od interesa. Nužno je utvrditi povezanost genetske ekspresije analiziranih gena i tovnih pokazatelja (Tyra i Ropka-Molik, 2011.).

Odlaganje masti u skeletne mišiće ima snažan utjecaj na tehnološka, senzorna i nutritivna svojstva. Istraživanje genetske osnove taloženja lipida u mišićima svinja može imati utjecaj na ljudsko zdravlje zbog povezanosti akumulacije intramuskularnih triglicerida i razvoja rezistencije na inzulin. Ta se povezanost javlja zbog diacilglicerola i acil-konezima A koji smanjuju inzulinom stimuliran transport glukoze. Istraživanje koje su proveli Quintanilla i sur. (2011.) potvrdilo je različiti utjecaj polimorfizma gena koji su odgovorni za sadržaj intramuskularne masti u različitim tipovima mišića. Povećanje udjela dugolančanih n-3 PUFA dolazi u kombinaciji s istodobnim smanjivanjem intramuskularne masti i zasićenih masnih kiselina. Nezasićene masne kiseline i smanjenje razine kolesterola imaju pozitivan učinak na zdravlje potrošača, što danas postaje imperativ pri potrošnji kako svinjskoga mesa, tako i ostalih životinjskih proizvoda. Između povećane koncentracije intramuskularne masti te povećanja sočnosti i nježnosti mesa postoji pozitivan odnos (Quintanilla i sur., 2011.).

ZAKLJUČAK

Svojstva rasta i kvalitete mesa dobivaju na značaju zbog većih zahtjeva potrošača i povećanja cijene hrane. Provođenje selekcije na ekonomski važna svojstva prouzročila su smanjivanje udjela intramuskularne masti kod svinja. Intramuskularna mast važna je s aspekta prerađivačke industrije, zbog boljih tehnoloških svojstava, te s aspekta potrošača, s obzirom na to da intramuskularna mast utječe na senzorna svojstva mesa. H-FABP, DGAT-1, SREBP-1c i leptin receptor su kandidatni geni, koji imaju utjecaj na sadržaj intramuskularne masti. Koristenje genetskih informacija i spoznaja o genetskim faktorima koji utječu na ekonomski važna svojstva mogu dovesti do poboljšanja genetskih programa kroz uspješnije provođenje selekcije.

ZAHVALA

Rezultati u ovome radu dio su istraživanja u okviru projekta „Specifičnosti rasta svinja i peradi i kakvoća proizvoda“ (079-0790566-0567), financiranoga od strane Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske.

LITERATURA

1. Arnyasi, M., Grindflek, E., Javor, A. (2006): Investigation of two candidate genes for meat quality traits in a quantitative trait locus region on SSC6: the porcine short heterodimer partner and heart fatty acid binding protein genes. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 123: 198-203.
2. Bertol, T.M., de Campos, R.M.L., Ludke, J.V., Terra, N.N., de Figueiredo, E.A.P., Coldebella, A., dos Santos Filho, J.I., Kawski, V.L., Lehr, N.M. (2013): Effects of genotype and dietary oil supplementation on performance, carcass traits, pork quality and fatty acid composition of backfat and intramuscular fat. *Meat Science* 93: 507-516.
3. Chen, J., Yang, X.J., Xia, D., Chen, J., Wegner, J., Jiang, Z., Zhao, R.Q. (2008): Sterol regulatory element binding transcription factor 1 expression and genetic polymorphism significantly affect intramuscular fat deposition in the longissimus muscle of Erhualian and Sutai pigs. *Journal of Animal Science* 86: 57-63.
4. Cho, K.H., Kim, M.J., Jeon, G.J., Chung, H.Y. (2010): Association of genetic variants for FABP3 gene with back fat thickness and intramuscular fat content in pig. *Molecular Biology Reports* 38(3): 2161-2166.
5. Chmurzynska, A. (2006): The multigene family of fatty acid-binding proteins (FABPs): function, structure and polymorphism. *Journal of Applied Genetics* 47: 39-48.
6. Daza, A., Mateos, A., López Carrasco, C., Rey, A.I., Ovejero, I., López-Bote, C.J. (2006): Effect of feeding system on the growth and carcass characteristics of Iberian pigs, and the use of ultrasound to estimate yields of joints. *Meat Science* 72:1-8.
7. Florowski, T., Florowski, A., Florowski, M., Florowski, B. (2006): Processing suitability of pork from different breeds reared in Poland. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 5(2): 55-64
8. Gerbens, F., Verburg, F.J., Van Moerkerk, H.T.B., Engel, B., Buist, W., Veerkamp, J.H., Pas, M.F. (2001): Associations of heart and adipocyte fatty acid binding protein gene expression with intramuscular fat content in pigs. *Journal of Animal Science* 79: 347-354.
9. Gispert, M., Font, M., Gil, M., Velarde, A., Diestre, A., Carrion, D., Sosnicki, A.A., Plastow, G.S. (2007): Relationships between carcass quality parameters and genetic types. *Meat Science* 77: 397-404.
10. Gotz, K.U., Peschke, W., Schuster, M. (2001): Genetic parameters for intramuscular fat and traits of fat quality measured with near-infrared reflection spectroscopy in pigs of Bavarian performance testing stations. *Zuchtungskunde* 73(3): 233-242
11. Hamill, R.M., McBryan, J., Mc Gee, C., Mullen, A.M., Sweeney, T., Talbot, A., Cairns, M.T., Davey, G.C. (2012): Functional analysis of muscle gene expression profiles associated with tenderness and intramuscular fat content in pork. *Meat Science* 92: 440-450.
12. Holló, G., Horvath, K., Abraham, Cs., Seregi, J., Holló, I., Varga-Visi, E., Pohn, G., Repa, I. (2004): The fatty acid composition of different meat fat samples of mangalitsa. EAAP, 55 Annual Meeting, Bled, Hungary, 5-9 September 2004, p 284.
13. Karolyi, D., Luković, Z., Salajpal, K. (2007): Production traits of Black Slavonian pigs. *Proceedings of the 6th International Symposium on the Mediterranean Messina - Capo d'Orlando, 11-13 October 2007*, p. 207-213.
14. Kim, K.S., Lee, J.J., Shin, H.Y., Choi, B.H., Lee, C.K., Kim, J.J., Cho, B.W., Kim, T.H. (2006): Association of melanocortin 4 receptor (MC4R) and high mobility group AT-hook 1 (HMGA1) polymorphisms with pig growth and fat deposition traits. *Animal Genetics* 37: 419-421.
15. Li, B., Zerby, H.N., Lee, K. (2007): Heart fatty acid binding protein is upregulated during porcine adipocyte development. *Journal of Animal Science* 85: 1651-1659.
16. Li, X., Kim, S.W., Choi, J.S., Lee, Y.M., Lee, C.K., Choi, B.H., Kim, T.H., Choi, Y.I., Kim, J.J., Kim K.S. (2010): Investigation of porcine FABP3 and LEPR gene polymorphisms and mRNA expression for variation in intramuscular fat content. *Molecular Biology Reports* 37: 3931-3939.
17. Liu, G.Y., Xiong, Y.Z. (2009): Molecular cloning, polymorphism and association analyses of a novel porcine mRNA differentially expressed in the Longissimus muscle tissues from Meishan and Large White pigs. *Molecular Biology Reports* 36: 1393-1398.
18. Liu, J.S., Damon, M., Guitton, N., Guisle, I., Ecolan, P., Vincent, A. (2009): Differentially expressed genes in pig Longissimus muscles with contrasting levels of fat, as identified by combined transcriptomic, reverse transcription PCR, and proteomic analyses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57: 3808-3817.
19. Margeta, V., Vargović, L., Kralik, G., Kušec, G. (2009): Utjecaj taqi polimorfizma u melanokortinskome receptoru (MC4R) na klaonička svojstva svinja. *Poljoprivreda* 15(1): 39-44.
20. Muñoz, G., Alcázar, E., Fernández, A., Barragán, C., Carrasco, A., de Pedro, E., Silió, L., Sánchez, J.L., Rodríguez, M.C. (2011): Effects of porcine MC4R and LEPR polymorphisms, gender and Duroc sire line on economic traits in Duroc × Iberian crossbred pigs. *Meat Science* 88: 169-173.
21. Newcom, D.W., Baas, T.J., Schwab, C.R., Stalder, K.J. (2005): Genetic and phenotypic relationships between individual subcutaneous backfat layers and percentage of longissimus intramuscular fat in Duroc swine. *Journal of Animal Science*. 83: 316-323.
22. Orzechowska, B., Wojtysiak, D., Migdal, W., Tyra, M. (2008): Relationships between muscle fibre characteristics and physico-chemical properties of longissimus lumborum muscle and growth rate in pig fatteners of three breeds. *Anim. Sci. Pap.* 26(4): 277-285.
23. Sanchez, M.P., Iannuccelli, N., Basso, B., Bidanel, J.P., Billon, Y., Gandemer, G., Gilbert, H., Larzul, C., Legault, C., Riquet, J., Milan, D., Le Roy, P. (2007): Identification of QTL with effects on intramuscular fat content and fatty acid composition in a Duroc × Large White cross. *Genetics* 8: 55.
24. Rodríguez, M.C., Fernández, A., Carrasco, C., García, A., Gómez, E., de Mercado, E., López, M.A., Ovilo, C., Silió, L. (2010): Effect of LEPR c.2002C>T polymorphism on growth and feed intake in heavy Duroc × Iberian pigs. *Proceedings of the 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 1-6 August 2010, Leipzig, Germany.*

25. Samulin, J., Berget, I., Lien, S., Sundvold, H. (2008): Differential gene expression of fatty acid binding proteins during porcine adipogenesis. *Comparative Biochemistry and Physiology* 151: 147-152.
26. Schwab, C.R., Mote, B.E., Du, Z.Q., Amoako, R., Baas, T.J., Rothschild, M.F. (2009): An evaluation of four candidate genes for use in selection programmes aimed at increased intramuscular fat in Duroc swine. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 126: 228-236.
27. Shan, T.Z., Ren, Y., Wu, T., Liu, C.X., Wang, Y.Z. (2009): Regulatory role of sirt1 on the gene expression of fatty acid-binding protein 3 in cultured porcine adipocytes. *Journal of Cellular Biochemistry* 107: 984-991.
28. Suzuki, K., Irie, M., Kadowaki, H., Shibata, T., Kumagai, M., Nishida, A. (2005): Genetic parameter estimates of meat quality traits in Duroc pigs selected for average daily gain, longissimus muscle area, backfat thickness, and intramuscular fat content. *Journal of Animal Science* 83: 2058-2065.
29. Suzuki, K., Ishida, M., Kadowaki, H., Shibata, T., Uchida, H., Nishida, A. (2006): Genetic correlations among fatty acid compositions in different sites of fat tissues, meat production, and meat quality traits in Duroc pigs. *Journal of Animal Science* 84: 2026-2034.
30. Switonski, M., Stachowiak, M., Cieslak, J., Bartz, M., Grzes, M. (2010): Genetics of fat tissue accumulation in pigs: a comparative approach. *J. Appl. Genet.* 51(2): 153-168.
31. Tyra, M., Ropka-Molik, K. (2011): Effect of the FABP3 and LEPR gene polymorphisms and expression levels on intramuscular fat (IMF) content and fat cover degree in pigs. *Livestock Science* 142: 114-120.
32. Tyra, M., Ropka-Molik, K., Terman, A., Piorkowska, K., Oczkowicz, M., Bereta, A. (2013): Association between subcutaneous and intramuscular fat content in porcine ham and loin depending on age, breed and FABP3 and LEPR genes transcript abundance. *Molecular Biology Reports* 40: 2301-2308.
33. Wang, L., Jiang, J., Li, L., Zhang, H., Lei, M., Xiong, Y. (2012): Different expression patterns of heart and adipocyte fatty acid binding protein gene during porcine skeletal muscle development. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 11(5): 700-703.
34. Quintanilla, R., Pena, R.N., Gallardo, D., Cánovas, A., Ramírez, O., Díaz, I., Nogu, J.L., Amills, M. (2011): Porcine intramuscular fat content and composition are regulated by quantitative trait loci with muscle-specific effects. *Journal of Animal Science* 89: 2963-2971.
35. Zhao, S.M., Li, W.Z., Pan, H.B., Huang, Y., Yang, M.H., Wie, H.J., Gao, S.Z. (2012): Expression levels of candidate genes for intramuscular fat deposition in two Banna mini pig inbred lines divergently selected for fatness traits. *Genetics and Molecular Biology* 35(4): 783-789.

INFLUENCE OF GENETIC POLYMORPHISM IN FABP3 AND LEPR GENES ON INTRAMUSCULAR FAT CONTENT IN PIG CARCASSES

SUMMARY

Intensive production conditions, selection directed to increase the percentage of muscle tissue in carcasses and consumer demand have led to a reduction of intramuscular fat content in pig carcasses. Intramuscular fat is a factor affecting the flavor, juiciness and tenderness of pork meat. FABP protein family causes the differences in the content of intramuscular fat in different pig breeds. FABP3 and LEPR gene are candidate genes for intramuscular fat content and their polymorphisms explain the variability that can occur in different pig breeds. The aim of this paper is to demonstrate the influence of genes on different intramuscular fat content in pig carcasses due to pigs genotype.

Key-words: intramuscular fat, FABP3 gene, LEPR gene, pig genotype

(Priljeno 24. listopada 2013.; prihvaćeno 9. travnja 2014. - Received on 24 October 2013; accepted on 9 April 2014)