

ODLAGANJE MASNIH KISELINA U MIŠIĆNOM TKIVU PILIĆA

DEPOSITION OF FATTY ACIDS IN BROILERS' MUSCLE TISSUE

Z. Škrtić, Gordana Kralik, Zlata Gajčević, Danica Hanžek, S. Ivanković

Izvorni znanstveni članak
Primljeno: 20. svibanj 2009.

SAŽETAK

Istražen je utjecaj različitih ulja (sojino i laneno ulje te uljni pripravci Pronova) na usvajanje masnih kiselina iz hrane u masti prsa i zabataka kod pilića. Istraživanje je provedeno na 160 muških pilića Ross 308 provenijencije u dobi od 22. do 42. dana starosti. Pilići su slučajnim izborom podijeljeni u četiri skupine (po 40 pilića u svakoj skupini). Od 22. do 25. dana pilići su tovljeni krmnim smjesama koje su se razlikovale jedino po vrsti upotrijebljenog ulja. Prva skupina u hrani je dobivala 3% sojinog ulja, druga skupina 3% lanenog ulja, dok su trećoj i četvrtoj skupini u smjesu dodani 2,90% lanenog ulja i 0,10% pripravaka Pronova Biocare Epax (PBE). Treća skupina u hrani je dobila pripravak PBE₁ (s većim udjelom eikozapentaenske kiseline), a četvrta skupina pripravak PBE₂ (s većim udjelom dokozaheksaenske kiseline). Zadnjih tjedan dana tova pilićima 2., 3. i 4. skupine u hrani je zamijenjeno laneno ulje i pripravci PBE s 3% repičinog ulja. Sadržaj masnih kiselina u hrani i mastima utvrđen je pomoću Chrompack CP-9000 kromatografa. Masne kiseline prikazane su u postotku ukupnih masnih kiselina (miristinska, palmitinska, stearinska, SFA, oleinska, MUFA, linolna, arahidonska, n-6 PUFA, α LNA, EPA, DPA, DHA, n-3 PUFA i n-6/n-3) PUFA. Istraživanje značajnosti razlika između skupina utvrđeno je pomoću analize varijance (ANOVA). Usvajanje masnih kiselina iz hrane u masti mišića prsa i zabataka opisano je korištenjem jednadžbe linearne regresije ($y=a+bx$) i koeficijenta linearne korelacije (r). Korištenjem lanenog ulja i smjese lanenog ulja s pripravcima Pronova od 22. do 35. dana u tovu pilića statistički vrlo visoko značajno ($P<0,001$) se povećao sadržaj α LNA i ukupnih n-3 PUFA u mastima mišića prsa i zabataka u odnosu na njihov udio kod pilića 1. skupine. Isto tako, utvrđen je i značajno povoljniji omjer n-6/n-3 PUFA u mastima mišića prsa i zabataka pilića 2., 3. i 4. skupine u odnosu na 1. skupinu. Visoki i pozitivni koeficijenti korelacije utvrđeni su između sadržaja α LNA ($r=0,96$ i $0,98$), ukupnih n-3 PUFA ($r=0,97$ oba) i n-6/n-3 omjera ($r=0,99$ oba) u hrani i mastima mišića prsa i zabataka kod pilića.

Ključne riječi: pilići, masne kiseline, n-3 PUFA, n-6/n-3 PUFA

Doc. dr. sc. Zoran Škrtić, prof. dr. sc. dr.h.c. Gordana Kralik, mr. sc. Zlata Gajčević i Danica Hanžek, dipl. inž. - Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet, Trg sv. Trojstva 3, 31000 Osijek, e-mail: szoran@pfos.hr; Prof. dr. sc. Stanko Ivanković – Agronomski i prehrambeno-tehnološki fakultet, Sveučilište u Mostaru, Biskupa Čule 1, 88000 Mostar, BiH.

UVOD

Život suvremenih ljudi u razvijenim zemljama svaki dan je obilježen izloženosti stresu i nepravilnoj prehrani koja se sastoji u prekomjernom unosu masti i konzumaciji tzv. „fast-food“ namirnica različitog podrijetla. Prekomjerman unos masti nepovoljnog sastava povod je sve brojnijih preporuka svjetskih i regionalnih zdravstvenih organizacija o ograničavanju unosa masti u organizam ali i o preporučenom unosu masnih kiselina (Etherton i sur. 2000., Sugano i Hirata, 2000). Idealan omjer masti u hrani za ljude je 1:1:1 (SFA: MUFA:PUFA) (Wijnia, 2005). Isto tako, omjer n-6/n-3 PUFA trebao bi biti što bliži omjeru 1:1 (Okuyama i sur., 1997). Uočen je i problem prekomjernog unosa arahidonske kiseline (C20:4n-6) iz n-6 PUFA skupine, koja je uglavnom podrijetlom iz mesa domaćih životinja (Phinney i sur., 1990). S obzirom na sastav masti ljudskom organizmu najviše nedostaju n-3 PUFA iz više razloga: promijenjeni su načini i navike u prehrani, a namirnice podrijetlom od suvremenih biljaka i životinja su nedostatnih količina i lošeg profila n-3 PUFA (Leaf i Waber, 1987., Simopoulos, 1998). Nepovoljan profil n-3 PUFA u namirnicama domaćih životinja je onaj u kojem je α -linolenska kiselina (α LNA, C18:3n3) dominantna (Komprda i sur., 2003). Istovremeno, višestruko nezasićene masne kiseline tipa omega-3 (one s 20 i više C atoma) u vrlo su malim količinama kao što je to slučaj s dokozaheksaenskom (DHA, C22:5n3) ili u tragovima, kao što je to slučaj s eikozapentaenskom kiselinom (EPA, C20:5n3).

U svijetu i kod nas su objavljena mnogobrojna istraživanja u cilju proizvodnje mesa pilića povoljnog za ljudsko zdravlje (Valavan i sur. 2006., Haug i sur. 2007., Kralik i sur. 2007). Pilići na našem tržištu nemaju poželjan profil masnih kiselina utvrđen u mastima mišića prsa i zabataka (Kralik i sur. 2006). Korištenjem krmiva bogatih s n-3 PUFA i modificiranjem postojećih obroka moguće je proizvesti meso pilića povoljnog sadržaja za zdravlje. U cilju proizvodnje takvog mesa u hranidbi pilića koriste se krmiva biljnog i životinjskog podrijetla (Kralik i sur. 2001).

Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj različitih ulja na sadržaj masnih kiselina u mastima mišića prsa i zabataka te opisati usvajanje masnih kiselina iz hrane u punovrijedne dijelove trupa kod pilića.

MATERIJAL I METODE

Istraživanje je provedeno na 160 muških pilića podrijetlom Ross 308 u dobi od 22. do 42. dana. Pilići su razdijeljeni u četiri skupine (po 40 komada u svakoj skupini). Sve skupine pilića hranjene su završnim krmnim smjesama koje su se razlikovale samo po izvoru ulja (tablica 1). Prva skupina pilića u hrani je dobivala 3% sojinog ulja, druga skupina 3% lanenog ulja, a 3. i 4. skupina po 2,90% lanenog ulja i po 0,10% pripravka PBE₁ (treća skupina) i PBE₂ (četvrta skupina). Pripravci PBE₁ i PBE₂ sadržavali su n-3 PUFA u visokom udjelu (do 85%). Pripravak PBE₁ sadržavao je veći udio eikozapentaenske kiseline (EPA, C20:5n3), a pripravak PBE₂ veći udio dokozaheksaenske kiseline (DHA, C22:6n3). Zadnjih tjedan dana tova pilićima 2., 3. i 4. skupine u hrani je zamijenjeno laneno ulje i pripravci PBE s 3% repičinog ulja, dok je 1. skupina nastavila primati u hrani 3% sojinog ulja (tablica 2). Tijekom čitavog razdoblja tova pilići su držani u istim uvjetima okoliša.

Iz svake skupine na 6 uzoraka mišića prsa i zabataka ispitano je sastav masnih kiselina pomoću Chrompack CP-9000 kromatografa s detektorom ionizacije plamena. Kvantitativna ocjena ustanovljena je na osnovi postotnih odnosa kromatografskih vrhova čistog metilestera prema visini kromatografskih vrhova uzorka. Postotni udio masnih kiselina u uzorku izračunat je kao funkcija komparativnog težinskog postotka metil estera masne kiseline (Csapo i sur. 1986). Pojedinačne masne kiseline prikazane su u postotku ukupnih masnih kiselina. Određen je sadržaj sljedećih masnih kiselina: miristinske (C14:0), palmitinske (C16:0), stearinske (C18:0), oleinske (OA, C18:1n9), linolne (LA, C18:2n6), arahidonske (AA, C20:4n6), α -linolenske (α LNA, C18:3n3), eikozapentaenske (EPA, C23:5n3), dokozaapentaenske (DPA, C20:5n3), dokozaheksaenske (DHA, C 22:6n3) te sadržaj zasićenih (SFA), mononezasićenih (MUFA), n-6 polinezasićenih (n-6 PUFA) i n-3 polinezasićenih (n-3 PUFA) masnih kiselina, kao i omjer n-6/n-3 PUFA. Sadržaj navedenih masnih kiselina ispitano je i u smjesama za tove piliće.

Najveći sadržaj ukupnih n-6 PUFA utvrđen je u 1. skupini (52,44%) i bio je za 3-5% viši u odnosu na ostale skupine, odnosno oko 7% viši u odnosu na smjesu koje su 2., 3. i 4. skupina pilića dobivale tijekom zadnjih tjedan dana tova (tablica 2). Najveći

udio α LNA utvrđen je u smjesama kojima su od 22. do 35. dana tova hranjeni pilići 2.-4. skupine (11,94%, 13,23% i 13,10%). U navedenim smjesama zabilježen je i najveći sadržaj ukupnih n-3 PUFA (12,05%, 13,58% i 13,78%) kao i najbolji omjeri n-6/n-3 PUFA (4,06:1, 3,49:1 i 3,38:1).

Rezultati istraživanja obrađeni su pomoću statističkog programa Statistica v.7.1 (StatSoft, Inc,

2005). Utjecaj različitih ulja na sadržaj masnih kiselina u mastima mišića prsa i zabataka utvrđen je pomoću jednostruke ANOVA-e. Statistički značajne razlike između skupina ($P < 0,05$) izračunate su korištenjem Fischerovog LSD-testa i označene različitim slovima. Usvajanje masnih kiselina iz hrane u masti mišića prsa opisano je korištenjem jednadžbe linearne regresije ($y = a + bx$) i koeficijenta korelacije (r).

Tablica 1. Shema izvođenja pokusa

Table 1. Experimental plan

Pokusne skupine – Experimental groups*			
1	2	3	4
3% sojinog ulja 3% soybean oil	3% lanenog ulja 3% linseed oil	2,90% lanenog ulja 0,10% PBE ₁ 2.90 % linseed oil 0.10% PBE ₁	2,90% lanenog ulja 0,10% PBE ₂ 2.90 % linseed oil 0.10% PBE ₂

*tretman obuhvaća 40 pilića po skupini - treatment was performed on 40 broilers per group

Tablica 2. Sadržaj masnih kiselina u krmnim smjesama različitiz izvora masti (% u ukupnim masnim kiselinama)

Table 2. Fatty acids content in diets supplemented with various sources of fat (% of total fatty acids)

Masna kiselina Fatty acid	Hrana - Feed				Završna smjesa Finisher*
	1	2	3	4	
C14:0	0,12	0,10	0,11	0,09	0,08
C16:0	12,46	11,27	11,14	10,91	10,55
C18:0	4,17	4,19	4,22	4,22	3,50
∑ SFA	17,47	16,21	16,26	16,03	14,87
C18:1n9c	21,80	21,57	21,72	22,32	30,69
∑ MUFA	22,17	21,93	22,08	22,73	31,40
C 18:2n6	52,31	48,84	47,18	46,35	45,14
C 20:4n6	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00
∑ n-6 PUFA	52,44	48,98	47,35	46,55	45,27
C 18:3n3	6,61	11,94	13,23	13,10	7,33
C 20:5n3	0,05	0,03	0,19	0,38	0,03
C22:5n3	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01
C 22:6n3	0,09	0,04	0,10	0,23	0,06
∑ n-3 PUFA	6,80	12,05	13,58	13,78	7,47
n-6 /n-3 PUFA	7,71	4,06	3,49	3,38	6,06

* Smjesa koja je sadržavala 3% repičinog ulja i s kojom su hranjeni pilići 2., 3. i 4. skupine tijekom zadnjih 7 dana tova - Diet containing 3% of rapeseed oil was fed to groups 2, 3 and 4 over the last 7 days of fattening

REZULTATI I RASPRAVA

Na tablici 3. prikazan je sadržaj masnih kiselina u mastima mišića prsa kod pilića (u postotku od ukupnih masnih kiselina). Najzastupljenija zasićena masna kiselina u mastima mišića prsa bila je palmitinska (C16:0), od 17,33% u skupini 4 do 19,54% u skupini 1. Različiti tretmani statistički su visoko značajno ($P=0,001$) utjecali na udio stearinske kiseline (C18:0) u mastima mišića prsa kod pilića. Prva skupina pilića imala je statistički značajno veći ($P<0,05$) udio stearinske kiseline u odnosu na skupine 2 i 4, kao i skupina 3 u odnosu na skupinu 4. Slične rezultate s obzirom na sadržaj SFA ističu Kralik i sur. (2007). Veće udjele ukupnih SFA utvrdili su Salamatdoustnobar i sur. (2008), koji su od 5 do 8. tjedna tova piliće hranili s dodatkom (2 i 4%) repičinog ulja.

Hranidbeni tretmani su statistički vrlo visoko značajno utjecali na udio oleinske kiseline (OA, C18:1n9), a budući da je navedena kiselina najzastupljenija mononezasićena kiselina (MUFA) i na

sadržaj ukupnih MUFA u mastima mišića prsa kod pilića. Utvrđene su statistički značajne razlike ($P<0,001$) između skupina s obzirom na oleinsku kiselinu i ukupne MUFA. Četvrta skupina imala je veći udio istih masnih kiselina u odnosu na skupine 2 i 1, a i skupine 2 i 3 u odnosu na prvu skupinu. Najveći sadržaj ukupnih n-6 PUFA utvrđen je u mastima mišića prsa 1. skupine koja je hranjena s dodatkom sojinog ulja (38,84%), međutim, različiti hranidbeni tretmani nisu statistički značajno utjecali ($P=0,124$) na razlike u sadržaju ukupnih n-6 PUFA između istraživanih skupina pilića. Znatno niže udjele ukupnih n-6 PUFA u odnosu na naše istraživanje utvrdili su Azman i sur. (2005) te Salamatdoustnobar i sur. (2008). Zabilježen je statistički vrlo visoko značajan ($P<0,001$) utjecaj hranidbenih tretmana na sadržaj arahidonske kiseline (AA, C20:4n-6) u mastima mišića prsa. Pilići hranjeni s dodatkom lanenog ulja i pripravka PBE (skupine 3 i 4) imali su niži ($P<0,05$) udio AA u odnosu na skupine 2 i 1 (poželjno za zdravlje ljudi), kao što je i skupina 2 imala niži udio navedene kiseline u odnosu na sku-

Tablica 3. Sadržaj masnih kiselina u mišićima prsa (% u sumi masnih kiselina)

Table 3. Fatty acids content (% of total fatty acids) in breast muscles

Masna kiselina Fatty acid	Pokusne skupine - Experimental groups ($\bar{x} \pm s$)				P-vrijednost P-value
	1	2	3	4	
C14:0	0,26±0,03	0,26±0,01	0,34±0,12	0,28±0,04	0,151
C16:0	19,54±2,36	18,17±1,32	17,79±1,26	17,33±1,75a	0,176
C18:0	11,54±1,14 ^a	10,19±0,72 ^{bc}	10,67±0,81 ^{ab}	9,20±0,65 ^c	0,001
SFA	32,54±3,42 ^a	29,94±1,86 ^{ab}	29,94±1,59 ^{ab}	28,09±2,38 ^b	0,037
C18:1n9c	17,14±1,37 ^c	20,21±1,08 ^b	21,31±1,15 ^{ab}	22,65±1,77 ^a	<0,001
MUFA	18,11±1,28 ^c	21,46±1,34 ^b	22,40±1,38 ^{ab}	24,03±2,04 ^a	<0,001
C18:2n6	30,88±4,25	31,26±2,34	30,64±1,31	31,94±2,36	0,858
C20:4n6	5,99±0,76 ^a	4,47±0,81 ^b	3,45±0,39 ^c	2,95±0,37 ^c	<0,001
n-6 PUFA	38,84±3,49	37,39±1,76	35,73±0,82	36,30±2,18	0,124
C18:3n3	2,85±0,58 ^c	4,69±0,59 ^b	5,11±0,29 ^{ab}	5,80±0,79 ^a	<0,001
C20:5n3	0,46±0,53	0,23±0,10	0,21±0,03	0,21±0,04	0,342
C22:5n3	1,28±0,16 ^a	1,23±0,12 ^{ab}	1,10±0,11 ^{bc}	1,00±0,07 ^c	0,002
C22:6n3	1,62±0,30 ^a	1,51±0,24 ^{ab}	1,25±0,12 ^{bc}	1,14±0,17 ^c	0,004
n-3 PUFA	6,21±0,27 ^b	7,65±0,45 ^a	7,67±0,22 ^a	8,14±0,84 ^a	<0,001
n-6/n-3 PUFA	6,28±0,77 ^a	4,89±0,22 ^b	4,66±0,11 ^b	4,48±0,21 ^b	<0,001

a, b, c $P<0,05$

pinu 1. Udio ukupnih n-3 PUFA i α -linolenske kiseline (α LNA, C18:3n-3) bio je statistički vrlo visoko značajno ($P < 0,001$), dok je udio dokozapentaenske (DPA, C22:5n-3) i dokozahexaenske (DHA, C22:6n-3) kiseline bio statistički visoko značajno ($P < 0,01$) pod utjecajem hranidbenog tretmana. U mastima mišića prsa pilića četvrte pokusne skupine utvrđen je statistički značajno viši ($P < 0,05$) sadržaj α LNA u odnosu na skupine 2 i 1, kao i kod skupine 3 i 2 u odnosu na prvu skupinu (poželjno za zdravlje ljudi). Sadržaj DPA i DHA u mastima mišića prsa kod pilića prve skupine bio je statistički značajno veći ($P < 0,05$) u odnosu na skupine 3 i 4. Isto tako, u mastima mišića prsa skupine 2 utvrđen je veći ($P < 0,05$) udio DPA i DHA u odnosu na skupinu 4. Skupine pilića 2, 3 i 4 imale su značajno veći sadržaj ($P < 0,05$) ukupnih n-3 PUFA i poželjniji omjer n-6/n-3 PUFA za ljudsko zdravlje u mastima mišića prsa u odnosu na skupinu pilića hranjenu s dodatkom sojinog ulja. Slične rezultate udjela n-3 PUFA utvrdili su Valavan i sur. (2006) te Kralik i sur. (2007), dok su

Salamatdoustnobar i sur. (2008) utvrdili niže udjele (2,55%; 3,66%) ukupnih n-3 PUFA kada su piliće hranili s dodatkom repičinog ulja. Slične omjere n-6/n-3 PUFA u mastima prsnih mišića kod pilića navode Kralik i sur. (2007), te Schneiderová i sur. (2007).

U mastima mišića zabataka (tablica 4) zabilježen je statistički značajan utjecaj tretmana na sadržaj stearinske kiseline ($P < 0,036$). Kod pilića druge i treće skupine utvrđen je veći ($P < 0,05$) sadržaj stearinske kiseline u odnosu na skupinu 4. Kao i u mastima mišića prsa, tako je i u mastima mišića zabataka utvrđen najviši udio SFA u prvoj pokusnoj skupini (22,12%), međutim, za razliku od prsa, u zabaticima nije utvrđen statistički značajan utjecaj tretmana na ukupne SFA ($P = 0,308$). Sadržaj ukupnih MUFA u mastima mišića zabataka bio je statistički visoko značajno ($P = 0,005$) pod utjecajem tretmana. Tako je u pokusnoj skupini 4 utvrđen značajno viši ($P < 0,05$) udio MUFA u odnosu na skupine 3 i 1, kao i kod skupine 2 u odnosu na prvu skupinu.

Tablica 4. Sadržaj masnih kiselina u mišićima zabataka (% u sumi masnih kiselina)

Table 4. Fatty acids content (% of total fatty acids) in drumstick

Masna kiselina Fatty acids	Pokusne skupine - Experimental groups ($\bar{x} \pm s$)				P-vrijednost P-value
	1	2	3	4	
C14:0	0,29±0,03	0,31±0,12	0,26±0,03	0,27±0,03	0,623
C16:0	14,64±0,76	13,73±0,66	13,98±0,72	14,24±1,04	0,274
C18:0	6,18±0,41 ^{ab}	6,42±0,59 ^a	6,39±0,19 ^a	5,62±0,62 ^b	0,036
SFA	22,12±1,34	21,25±0,78	21,45±0,75	20,92±1,38	0,308
C18:1n9c	22,73±0,80 ^c	25,53±1,57 ^{ab}	24,83±1,37 ^b	26,47±1,44 ^a	<0,001
MUFA	24,55±0,78 ^c	27,10±1,97 ^{ab}	26,17±1,61 ^{bc}	28,35±1,88 ^a	0,005
C18:2n6	43,90±1,22 ^a	39,66±1,33 ^b	40,35±1,73 ^b	38,88±2,28 ^b	<0,001
C20:4n6)	1,47±0,14	1,57±0,35	1,44±0,40	1,26±0,08	0,300
n-6 PUFA	46,34±1,37 ^a	42,13±1,44 ^b	42,62±1,62 ^b	41,02±2,29 ^b	<0,001
C18:3n3	5,22±0,24 ^c	7,28±0,37 ^b	7,96±0,35 ^{ab}	8,02±0,65 ^a	<0,001
C20:5n3	0,42±0,35 ^a	0,11±0,02 ^b	0,15±0,02 ^b	0,16±0,02 ^b	0,026
C22:5n3	0,30±0,03	0,38±0,06	0,41±0,11	0,38±0,04	0,067
C22:6n3	0,36±0,03	0,50±0,12	0,44±0,15	0,43±0,05	0,155
n-3 PUFA	6,30±0,56 ^c	8,27±0,43 ^b	8,96±0,24 ^a	8,99±0,69 ^a	<0,001
n-6/n-3 PUFA	7,38±0,44 ^a	5,10±0,14 ^b	4,76±0,09 ^c	4,57±0,13 ^c	<0,001

a, b, c $P < 0,05$

Tablica 5. Usvajanje masnih kiselina iz hrane u mišiće prsa i zabataka
Table 5. Deposition of fatty acid from feed to breast and drumstick muscles

Masna kiselina Fatty Acid	r_1	r_2	Linearna regresija (y_1) Linear regression (y_1)	Linearna regresija (y_2) Linear regression (y_2)
C14:0	0,07	-0,81	$y=(0,26)+(0,20)*(x)$	$y=(-0,48)-(0,81)*(x)$
C16:0	0,99	0,59	$y=(2,66)+(1,33)*(x)$	$y=(0,24)+(0,59)*(x)$
C18:0	-0,71	0,63	$y=(128,70)-(28,17)*(x)$	$y=(0,24)+(0,63)*(x)$
SFA	0,94	0,98	$y=(-12,86)+(2,61)*(x)$	$y=(0,27)+(0,98)*(x)$
C18:1n9c	0,50	0,93	$y=(-58,95)+(3,63)*(x)$	$y=(0,63)+(0,93)*(x)$
MUFA	0,51	0,91	$y=(-60,19)+(3,68)*(x)$	$y=(0,59)+(0,91)*(x)$
C18:2n6	-0,45	-0,59	$y=(35,93)-(0,10)*(x)$	$y=(-2,32)-(0,59)*(x)$
C20:4n6	-0,63	0,60	$y=(4,64)-(84,33)*(x)$	$y=(0,06)+(0,60)*(x)$
n-6 PUFA	0,95	0,91	$y=(13,17)+(0,49)*(x)$	$y=(1,36)+(0,51)*(x)$
C18:3n3	0,96	0,98	$y=(0,25)+(0,39)*(x)$	$y=(2,43)+(1,02)*(x)$
C20:5n3	-0,52	0,97	$y=(0,34)-(0,39)*(x)$	$y=(-0,10)+(1,13)*(x)$
C22:5n3	-0,80	-0,66	$y=(1,20)-(1,02)*(x)$	$y=(0,65)-(0,24)*(x)$
C22:6n3	-0,76	-0,23	$y=(1,62)-(2,10)*(x)$	$y=(0,52)-(0,06)*(x)$
n-3 PUFA	0,97	0,97	$y=(4,55)+(0,25)*(x)$	$y=(-2,68)+(1,46)*(x)$
n-6/n-3 PUFA	0,99	0,99	$y=(3,23)+(0,40)*(x)$	$y=(1,59)+(1,00)*(x)$

r_1 = koeficijent korelacije između sadržaja masnih kiselina u hrani i u mastima mesa prsa - coefficient of correlation between fatty acid content in diets and in breast muscle lipids

r_2 = koeficijent korelacije između sadržaja masnih kiselina u hrani i u mastima mesa zabataka - coefficient of correlation between fatty acid content in diets and in thigh muscle lipids

x = udio masne kiseline u hrani - portion of fatty acid in diet

y_1 = udio masne kiseline u mesu prsa - portion of fatty acid in breasts

y_2 = udio masne kiseline u mesu zabataka - portion of fatty acid in thighs

Znatno veće udjele ukupnih MUFA u odnosu na naše istraživanje utvrdili su Salamatdoustnobar i sur. (2008). Još veći, statistički vrlo visoko značajan utjecaj ($P<0,001$) tretmana, zabilježen je na sadržaj oleinske kiseline u mastima mišića zabataka. Četvrta skupina imala je veći ($P<0,05$) udio oleinske kiseline u mastima mišića zabataka u odnosu na skupine 3 i 1, a i skupine 2 i 3 u odnosu na prvu skupinu. Masti zabataka sadrže više n-6 PUFA u odnosu na masti prsa (nepovoljno za zdravlje ljudi). Također je utvrđen statistički vrlo visoko značajan utjecaj ($P<0,001$) hranidbenih tretmana na sadržaj masti u mišićima zabataka za razliku od sadržaja n-6 PUFA u mastima mišića prsa gdje nisu utvrđene statistički značajne razlike ($P=0,124$). Znatno niže udjele ukupnih n-6 PUFA utvrdili su Azman i sur. (2005), Valavan i sur. (2006) te Salamatdoustnobar i sur. (2008). U

mastima mišića zabataka nije utvrđen utjecaj tretmana na sadržaj arahidonske kiseline ($P=0,300$), za razliku od utjecaja tretmana na sadržaj navedene kiseline u mastima mišića prsa ($P<0,001$). Obrnut slučaj zapažen je kod linolne kiseline (LA, C18:2n-6) gdje tretman nije utjecao na njezin sadržaj u mastima mišića prsa ($P=0,858$), a utjecao je na sadržaj LA u mastima mišića zabataka ($P<0,001$). Četvrta skupina imala je nepovoljniji sadržaj LA i ukupnih n-6 PUFA u mastima mišića zabataka u odnosu na ostale pokusne skupine. U mastima mišića zabataka utvrđen je statistički značajan ($P=0,026$) utjecaj tretmana na sadržaj eikozapentaenske kiseline (EPA, C20:5n-3), veći sadržaj EPA ($P<0,05$) utvrđen je u četvrtoj skupini u odnosu na ostale skupine. U mastima mišića zabataka utvrđen je statistički vrlo visoko značajan ($P<0,001$) utjecaj tretmana na sadržaj

ukupnih n-3 PUFA te na omjer n-6/n-3 PUFA. Skupine pilića 3 i 4 imale su više n-3 PUFA i bolji omjer n-6/n-3 PUFA ($P < 0,05$) u odnosu na drugu i prvu skupinu, ali i druga u odnosu na prvu skupinu. U mastima mišića zabataka utvrđen je viši udio ukupnih n-3 PUFA (izražen u postotku ukupnih masnih kiselina) u odnosu na onaj u mastima mišića prsa. Međutim, povoljniji (niži) omjer n-6/n-3 PUFA zabilježen je u mastima mišića prsa. Nešto povoljnije omjere n-6/n-3 PUFA u mastima mišića zabataka utvrdili su Valavan i sur. (2006), a nepovoljniji omjeri zabilježeni su u istraživanju Azmana i sur. (2005) u odnosu na rezultate naših istraživanja.

Na tablici 5 opisano je usvajanje masnih kiselina iz hrane u masti mišića prsa i zabataka kod pilića pomoću koeficijenta korelacije (r) i jednadžbe linearne regresije ($y = a + bx$). Utvrđen je visok i pozitivan koeficijent korelacije za usvajanje ukupnih SFA iz hrane u masti mišića prsa ($r = 0,94$) i zabataka ($r = 0,98$). MUFA iz hrane bolje su se odlagale u mastima mišića zabataka ($r = 0,91$) nego u mastima mišića prsa ($r = 0,51$). Prema našim rezultatima istraživanja pilići također odlično usvajaju iz hrane n-6 PUFA ($r = 0,95$ i $r = 0,91$). Visoki i pozitivni koeficijenti korelacije također su utvrđeni i za usvajanje ukupnih n-3 PUFA ($r = 0,97$ u oba dijela trupa) te omjera n-6/n-3 PUFA ($r = 0,99$ u oba dijela trupa). Ako se promatraju najzastupljenije masne kiseline iz hrane (palmitinska 10,55-12,46%, oleinska 21,32%-30,69% i α LNA 6,61%-13,23%), može se uočiti trend njihovog odličnog usvajanja ($r > 0,90$) u mastima mišića prsa i zabataka, osim u slučajevima odlaganja palmitinske kiseline u masti mišića zabataka ($r = 0,59$) i oleinske kiseline u masti mišića prsa ($r = 0,50$). Izuzetak predstavlja najzastupljenija masna kiselina (linolna, C18:2n6) u hrani (45,14%-52,31%) kod koje se ne može uočiti linearna povezanost između njezinog sadržaja u hrani i mastima mišića prsa ($r = -0,45$) i zabatkama ($r = -0,59$). Navedeno se može tumačiti činjenicom da je linolna kiselina u metabolizmu peradi pod snažnim utjecajem enzima elongacije i saturacije te se njezin značajan dio transformira u arahidonsku kiselinu (C20:4n6). Transformacija linolne u arahidonsku kiselinu može se uočiti i usporedbom sadržaja masnih kiselina u hrani i mastima mišića prsa i zabataka. Sadržaj arahidonske kiseline u hrani bio je u tragovima ili vrlo nizak (do 0,2%), dok je njezin udio u mastima mišića prsa bio od 2,95% do 5,99% te od 1,26% do 1,57% u mastima mišića zabataka.

ZAKLJUČAK

Provedeno je istraživanje usvajanja masnih kiselina iz hrane u masti mišića prsa i zabataka kod muških tovnih pilića. Od 22. do 42. dana tova pilići su hranjeni obrocima koji su se razlikovali po vrsti korištenog ulja (sojino ulje, laneno ulje te pripravci PBE₁ i PBE₂). Dobiveni rezultati istraživanja upućuju na sljedeće znanstvene spoznaje:

Najpovoljniji omjer n-6/n-3 PUFA i najpovoljniji sadržaj n-3 PUFA s obzirom na ljudsko zdravlje, utvrđen je u mastima mišića prsa i zabataka pilića hranjenih s dodatkom lanenog ulja (2,90%) i pripravaka PBE₁ (0,10%) ili PBE₂ (0,10%).

Korištenje sojinog ulja u obrocima za toвне piliće utjecalo je na povećanje sadržaja ukupnih n-6 PUFA u mastima mišića zabataka i na pogoršanje omjera n-6/n-3 PUFA u oba istražena dijela trupa.

Utvrđene su razlike u profilu n-3 PUFA između prsa i zabataka. U mastima mišića prsa u većim udjelima odlagale su se EPA, DPA i DHA, dok je u mastima mišića zabataka utvrđen veći udio α LNA nego u mastima mišića prsa.

Sadržaj ukupnih SFA, n-6 PUFA, n-3 PUFA i omjer n-6/n-3 PUFA u mastima mišića prsa i zabataka u visokoj je i pozitivnoj korelaciji s onima iz korištenih krmnih smjesa. Također su utvrđeni visoki i pozitivni koeficijenti korelacije između udjela MUFA u hrani i mastima mišića prsa.

Sadržaj masnih kiselina u smjesama za toвне piliće značajno se odražava na sastav masnih kiselina u njihovom trupu. Prilikom sastavljanja obroka za toвне piliće mora se voditi računa o pravilnom izboru krmiva ako se želi proizvesti meso koje će po svom sadržaju biti korisno za zdravlje ljudi.

LITERATURA

1. Azman, M. A., Çerçi, I. H., Birben, N. (2005): Effect of various fat sources on performance and body fatty acid composition of broiler chicken. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 29, 811-819.
2. Csapó, J., Sugár, L., Horn, A., Jné Csapó (1986): Chemical composition of milk from red deer, roe and fallow deer kept in captivity. *Acta Agronomica Hungarica*, 3-4: 359-372.

3. Etherton, P. K., Taylor, D. S., Yu-Poth, S. (2000): Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. *Am. J. Clin. Nutr.* 71(1), 179-188.
4. Kralik, G., Gajčević, Z., Hanžek, D. (2006): Kakvoća pilećih trupova i mesa na našem tržištu. *Krmiva*, 48(2):59-68.
5. Haug, A., Eich-Greatorex, S., Bernhoft, A., Wold, J., Hetland, H., Christophersen, O., Sogn, T. (2007): Effect of dietary selenium and omega-3 fatty acids on muscle composition and quality in broilers. *Lipids and Health Disease*, 6:29.
6. Komprda, T., Zelenka, J., Bakaj, P., Kladroba, D., Blažková, E., Fajmonová, E. (2003): Effect of dietary sunflower, linseed or fish oil on cholesterol and fatty acid content in turkey meat. *Proceedings of XIth European Symposium on the Quality of Poultry Meat*, 23-26 Sept. 2003, Saint-Brieuc - Ploufragan, France, Volume II, Quality of Poultry Meat, p. 185-191.
7. Kralik, G., Škrtić, Z., Kušec, G. (2001): Utjecaj hranidbe na kakvoću trupova pilića i sastav trbušnog masnog tkiva. *Krmiva*, 43(1):3-10.
8. Kralik, G., Petrak T., Gajčević, Z., Hanžek D. (2007): Influence of vegetable oil on fatty acid profile of chicken meat. *Proceeding of 53rd International Congress of Meat Science and Technology*, Beijing, China, 5-10 Aug. 2007, p. 357-358.
9. Leaf A., P.C. Waber (1987): A new era for science nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.* 45, 1048-1053.
10. Okuyama, H., Kobayashi, T., Watanabe, S. (1997): Dietary fatty acids – the n-6/n-3 balance and chronic elderly diseases. Excess linoleic acid and relative n-3 deficiency syndrome seen in Japan. *Prog. Lipid Res.* 35: 409-457.
11. Phinney, S. D., Odin, R. S., Johnson, S. B. (1990): Reduced arachidonate in serum phospholipids and cholesterol esters associated with vegetarian diet in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 51, 385-392.
12. Salamatdoustnobar, R., Nazerald, K., Gorbani, A., Aghdamshahriar, H., Gheyasi, J. (2008): Incorporation of DHA and fatty acids into broiler meat lipids. *CD World Poultry Conference*, Brisbane, Australia.
13. Schneiderová, D., Zelenka, J., Mrkvicová, E. (2007): Poultry meat production as a functional food with a voluntary n-6 and n-3 PUFA ratio. *Czech Journal of Animal Science*, 52(7):203-213.
14. Simopoulos, A.P. (1998): Overview of evolutionary aspects of omega-3 fatty acids in the diet. *World Rev. Nutr.* 83, 1-11.
15. StatSoft, Inc (2005). *STATISTICA* (data analysis software system), version 7.1. www.statsoft.com.
16. Sugano, A.M., Hirata, F. (2000): Polyunsaturated fatty acids in food chain in Japan. *Am. J. Clin. Nutr.* 71(suppl), S 189-S196.
17. Valavan, S.E., Selvaraj, P., Mohan, B., Sundaram, T.K., Viswanathan, K., Ravi, R., Purushothaman, M.R. (2006): Effect of various n-3 lipid sources on the quality characteristics and fatty acids composition of chicken meat. *Proceedings of XII European Poultry Conference*, 10-15. Sept. 2006. Verona, Italy, CD.
18. Wijnia, J. (2005): From domesticated to wild-type animal food. *Proceedings of XVII th European Symposium on the Quality of Poultry Meat and XI th European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products*. Doorwerth, The Netherlands, 23-26 May 2005. CD

SUMMARY

This study investigates effects of different oils (soybean oil, linseed oil and Pronova oil preparations) supplemented to broiler diets on the deposition of fatty acids in lipids of breasts and thighs. The research was carried out on 160 male broilers of Ross 308 provenience from the 22nd to 42nd day of age. Broilers were randomly divided into four groups (each with 40 broilers). From 22nd to 25th day, broilers were fed diets that differed in the type of supplemented oil. Group 1 was given diets supplemented with 3% of soybean oil, group 2 had diets with 3% of linseed oil, group 3 and group 4 were given diets supplemented with 2.90% of linseed oil and 0.10% of Pronova Biocare Epax (PBE). Fatty acids content in diets and in fats was determined with Chrompack CP-9000 chromatograph. Fatty acids were presented in percentage of total fatty acids (myristic, palmitic, stearic, SFA, oleic, MUFA, linoleic, arachidonic, n-6 PUFA, α LNA, EPA, DPA, DHA,

n-3 PUFA and n-6/n-3 PUFA). Significance of differences between groups was determined by means of variance analysis (ANOVA). Deposition of fatty acids in breast and thigh muscles was described by linear regression equation ($y=a+bx$) and coefficient of linear correlation (r). Feeding broilers on diets supplemented with linseed oil, as well as mixture of linseed oil and Pronova preparations from 22nd to 35th day of fattening resulted in statistically very highly significant ($P<0.001$) increase in the α LNA content and total n-3 PUFA in lipids of breast and thigh muscles if compared to their portion in broilers of group 1. Moreover, if compared to group 1, groups 2, 3 and 4 had significantly better ratio of n-6/n-3 PUFA in lipids of breast and thigh muscles. High and positive correlation coefficients were determined between the α LNA content ($r=0.96$ and 0.98), total n-3 PUFA ($r=0.97$ for both) and the n-6/n-3 PUFA ratio ($r=0.99$ for both) in diets and in lipids of breast and thigh muscles.

Key words: broilers, fatty acids, n-3 PUFA, n-6/n-3 PUFA