

Utjecaj hranidbe koza na sadržaj masnih kiselina u mlijeku

Željka Klir*, Zvonko Antunović, Josip Novoselec

Zavod za stočarstvo, Poljoprivredni fakultet, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku,
Kralja Petra Svačića 1d, 31000 Osijek, Hrvatska

Prispjelo - Received: 26.06.2012.
Prihvaćeno - Accepted: 05.12.2012.

Sažetak

Brojna istraživanja upozorila su na mogućnost modeliranja sadržaja masnih kiselina mliječne masti u cilju povećanja sadržaja poželjnih n-3 nezasićenih masnih kiselina te smanjenja zasićenih masnih kiselina odgovarajućom hranidbom koza. Dosadašnja istraživanja pokazala su porast sadržaja kapronske (C6:0), kaprilne (C8:0), konjugirane linolne (CLA, rumenske kiseline, *cis*-9, *trans*-11 C18:2), linolenske (C18:3), eikozapentaenske (C20:5), dokozaheksaenske (C22:6) te ukupni sadržaj polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) u mlijeku koza napasivanih na pašnjacima. U iste je skupine koza utvrđen manji udio palmitoleinske (C16:1), linolne (C18:2), ukupan sadržaj n-6 nezasićenih masnih kiselina te niži n-6/n-3 omjer, u odnosu na skupinu koza držanih u staji i hranjenih sijenom lucerne. U mlijeku koza kojima je u obroke uključen dodatak ulja šafranike značajno je povećan udio CLA, dok je u koza hranjenih obrocima s dodacima lanenoga ulja značajno porastao udio C18:3 u mlijeku, u odnosu na skupine koza hranjenih bez dodatka navedenih ulja. Pri hranidbi koza s dodatkom zaštićenoga ribljeg ulja utvrđen je značajan prijenos eikozapentaenske-EPA i dokozaheksaenske-DHA masne kiseline u mlijeko. Zaštićeno riblje ulje smanjilo je negativan utjecaj dugolančanih masnih kiselina na aktivnost buražnih mikroorganizama, konzumaciju i probavljivost vlakana te inhibiciju sinteze masnih kiselina u mliječnoj žlijezdi. Pri dodavanju nezaštićenoga ribljeg ulja došlo je do povećanja udjela stearinske (C18:0) i oleinske (C18:1) masne kiseline zbog biohidrogenacije polinezasićenih masnih kiselina u buragu.

Ključne riječi: kozje mlijeko, paša, laneno ulje, riblje ulje, polinezasićene masne kiseline (PUFA)

Uvod

Brojna su istraživanja pokazala pozitivno djelovanje n-3 nezasićenih masnih kiselina, osobito eikozapentaenske (EPA), dokozaapentaenske (DPA) i dokozaheksaenske (DHA) masne kiseline na zdravlje ljudi. Navedene esencijalne masne kiseline smanjuju rizik od kardiovaskularnih bolesti (Sheard, 1998), poboljšavaju razvoj mozga i oštrinu vida u novorođenčadi (Hoffman i sur., 1993), moduliraju autoimune bolesti (Grimble, 1998), kao i upalne poremećaje (Simopoulos, 1991). Prema Simopoulos i sur. (2000), dnevna preporučena konzumacija n-3 nezasićenih masnih kiselina, DHA i EPA za odrasle ljude iznosi 0,65 g, linolenske 2,22 g dnevno, a n-6 nezasićenih masnih kiselina, kao što je linolna 4,44 g/dan.

N-3 nezasićene masne kiseline prirodna su komponenta krmiva u hranidbi koza, što uzrokuje povoljan masnokiselinski profil u njihovim proizvodima, a time i preporučeni dnevni unos ovih esencijalnih masnih kiselina u prehrani ljudi. Prema Jandalu (1996), kozje mlijeko je probavljivije u odnosu na kravlje, zbog manjih masnih kapljica koje lipaze lako razgrađuju u probavnom traktu.

Istraživanja su pokazala pozitivnu korelaciju između unosa izvora masnoće hranidbom i povećanja mliječne masti, ovisno o tipu krmiva (Kitessa i sur., 2001; Chilliard i sur., 2003) i fazi laktacije koze (Žujović i sur., 2010). U posljednje vrijeme provode se istraživanja s ciljem modeliranja masnokiselinskog sastava mliječne masti, radi povećanja sadržaja poželjnih polinezasićenih masnih kiselina, a

*Dopisni autor/Corresponding author: Tel/Phone: +385 31 554 906; E-mail: zklir@pfos.hr

smanjenje zasićenih masnih kiselina odgovarajućom hranidbom koza (Sampelayo i sur., 2007; Chilliard i sur., 2003).

Cilj je ovoga rada bio analizirati noviju znanstvenu literaturu koja je citirana u svjetskim priznatim bazama te obraditi utjecaj hranidbe na sadržaj masnih kiselina u mliječnoj masti koza, s posebnim osvrtom na sadržaj polinezasićenih masnih kiselina.

Voluminozna i koncentrirana krmiva

Žan i sur. (2006) utvrdili su sadržaj masnih kiselina u mlijeku koza koje su napasane na pašnjacima različitih nadmorskih visina. Koze su bile u zadnjoj trećini druge laktacije tijekom mjeseca rujna. Koze sanske pasmine boravile su na brdskim pašnjacima (615-630 m nadmorske visine) u središnjoj Sloveniji, dok su koze alpina pasmine boravile na planinskim pašnjacima (1060-1075 m nadmorske visine) sjeverozapadne Slovenije. Hranidba koza temeljila se isključivo na paši, bez dodatka drugih krmiva. Prosječna dnevna proizvodnja mlijeka koza na nižoj nadmorskoj visini bila je 1,10 kg, a koza na višoj nadmorskoj visini 1,35 kg. Floristički sastav brdskih pašnjaka temeljio se na travama, a 10 % travnjaka činile su leguminoze (bijela i crvena djetelina). Floristički sastav planinskih pašnjaka bio je također temeljen na travama, a samo 2 % činile su leguminoze (smiljkita roškasta i divlja djetelina). Rezultati navedenog istraživanja upućuju na veći udio slobodnih masnih kiselina u mlijeku koza koje su napasane na brdskim pašnjacima, u odnosu na mlijeko koza s planinskih pašnjaka. Značajne ($p < 0,05$) razlike vidljive su u sadržaju kaprinske (C10:0), laurinske (C12:0), palmitoleinske (C16:1n-7) te linolne (C18:2n-6) masne kiseline. U mlijeku koza koje su napasivane na planinskim pašnjacima udio mononezasićene masne kiseline (MUFA) C16:1n-7 bio je značajno ($p < 0,05$) viši u odnosu na drugu skupinu koza, dok je udio ostalih navedenih masnih kiselina bio značajno viši u mlijeku koza s brdskih pašnjaka. U mlijeku koza koje su napasivane na brdskim pašnjacima utvrđen je viši udio linolenske masne kiseline (C18:3n-3) mlijeka, u odnosu na mlijeko koza s planinskih pašnjaka (32 mg/100 g : 26 mg/100 g mlijeka). Također, u mlijeku koza s brdskih pašnjaka utvrđen je značajno ($p < 0,05$) viši udio linolne kiseline C18:2n-6 u odnosu na udio iste masne kiseline u mlijeku koza s planinskih pašnjaka. Lipidi trava i djeteline sadrže visoki udio polinezasićenih masnih kiselina (PUFA), osobi-

to C18:2n-6 i C18:3n-3 (Dewhurst i sur., 2003). Žan i sur. (2006) utvrdili su kako su brdski pašnjaci, u odnosu na planinske, bili kvalitetnijega botaničkog sastava, odnosno kvalitetniji s gledišta hranidbe koza.

Slično su istraživanje proveli Pajor i sur. (2009) na temelju različite hranidbe koza. Istraživanje je uključivalo 20 koza podijeljenih u dvije skupine: prva je skupina koza bila držana u staji i hranjena sijenom lucerne, dok je druga skupina koza napasivana na prirodnim pašnjacima. Napasivanje koza počelo je sredinom travnja. Koze su bile na ispaši tijekom cijeloga dana te prihranjivane sa 300-400 g žitarica dnevno (ječam 40 %, pšenica 20 %, kukuruz 20 % i 20 % pšenične posije). Kontrolna je skupina koza bila hranjena sijenom lucerne i sa 300-400 g žitarica dnevno (ječam 40 %, pšenica 20 %, kukuruz 20 % i 20 % pšenične posije). Floristički sastav prirodnih pašnjaka bio je većinom od vlasulje (*Festuca pseudovina*), troskota (*Cynodon dactylon*), dok je smiljkita roškasta (*Lotus corniculatus*) bila najzastupljenija leguminoza. Rezultati navedenog istraživanja pokazali su da je u mlijeku koza napasivanih na pašnjacima porastao udio kapronske (C6:0), kaprilne (C8:0), konjugirane linolne (CLA, rumenske kiseline, *cis*-9, *trans*-11 C18:2), linolenske (C18:3), eikozapentenske (C20:5), dokozaheksaenske (C22:6) te ukupni sadržaj polinezasićenih masnih kiselina (PUFA). Dok je u iste skupine koza utvrđen manji udio C16:1, C18:2, ukupan udio n-6 nezasićenih masnih kiselina, te niži n-6/n-3 omjer u odnosu na skupinu koza držanih u staji. Napasivanje koza na pašnjacima dovelo je do značajnog ($p < 0,01$) porasta PUFA u mlijeku, a osobito linolenske masne kiseline za 0,49 %, dok je udio navedene masne kiseline u mlijeku koza držanih u staji bio niži te iznosio 0,38 %. Prema Pajor i sur. (2009.), udio masti u travama nije velik ali je sadržaj C18:3n-3 bio 40 % u odnosu na ukupan sadržaj masnih kiselina. Cabiddu i sur. (2005) utvrdili su udio n-3 nezasićenih masnih kiselina od 50 do 75 % u odnosu na ukupan sadržaj masnih kiselina u travama. Stoga se preporučuje hranidba pašom u cilju povećanja n-3 nezasićenih masnih kiselina u mlijeku koza. Prema Kalač i Samková (2010), voluminozna krma najjeftiniji je i najveći izvor korisnih nezasićenih masnih kiselina u obrocima preživača.

Wood i Enser (1997) te Simopoulos (2004) navode preporučenu vrijednost za omjer n-6/n-3 u prehrani ljudi, koji iznosi manje od 4. U istraživanju Pajor i sur. (2009), n-6/n-3 omjer u mlijeku koza

držanih u staji bio je značajno viši u odnosu na skupinu koza na paši te je iznosio 4,29. U istom je istraživanju utvrđen značajno ($p < 0,01$) manji n-6/n-3 omjer u mlijeku koza na ispaši, koji je iznosio 2,51, što odgovara preporučenom omjeru u ljudskoj prehrani prema Wood i Enseru (1997) te Simopoulosu (2004).

Različiti sustavi hranidbe različito utječu na kemijski sastav mlijeka (Toledo i sur., 2002). Različita krmiva, kao što su paša, konzervirana krmiva (sijeno, silaža), koncentrirana krmiva koja se koriste u obrocima životinja te različite strategije hranidbe utječu na sadržaj masnih kiselina u mlijeku. Tsiplakou i sur. (2010) proveli su istraživanje na četiri farme koza konvencionalnog uzgoja i četiri farme koza ekološkog uzgoja u Grčkoj. Cilj istraživanja bio je utvrditi postoji li razlika u kemijskom sastavu mlijeka, osobito sadržaju masnih kiselina, s naglaskom na konjugiranu linolnu kiselinu (CLA), između ekološkoga i konvencionalnog uzgoja. Hranidba koza u konvencionalnom uzgoju tijekom zimskoga razdoblja (do travnja) temeljila se na ograničenoj ispaši te sijenu lucerne i koncentriranoj krmu. Koze su napasivane na šumovitim pašnjacima na kojima su većinom prevladavali grmlje i drveće, uglavnom hrast (*Quercus coccifera*), glog (*Pyrus amugdaliformis*), brnista (*Spartum junceum*), jeruzalemska kadulja (*Phlomis fruticosa*) i europska maslina (*Olea europaea*). Koze na ekološkim farmama tijekom zimskog razdoblja hranjene su obrocima sijena lucerne, zrna kukuruza te su napasivane na ekološkim pašnjacima. Koncentrirana smjesa sadržala je 60 % zrna kukuruza, 10 % zrna ječma, 15 % sačma soje, 10 % pšeničnoga krmnog brašna, te 5 % fosfata, vitamina i minerala.

Rezultati istraživanja pokazali su značajno ($p \leq 0,05$) veći udio mliječne masti u koza konvencionalnog uzgoja, u odnosu na koze ekološkog uzgoja. Viši udio mliječne masti vjerojatno je posljedica većeg udjela vlakana u obrocima koza iz konvencionalnog uzgoja, u odnosu na koze iz ekološkog uzgoja. Sadržaj masnih kiselina od C6 do C16 u mlijeku koza iz ekološkog sustava bio je značajno ($p \leq 0,05$) niži u odnosu na konvencionalni sustav. Isti su autori utvrdili kako je niži sadržaj navedenih masnih kiselina u mlijeku rezultat većeg udjela paše u obrocima koza iz ekološkog uzgoja. Naime, poznato je kako PUFA iz obroka ograničavaju sintezu kratkolančanih i srednjolančanih masnih kiselina *ex novo* (Mele i sur., 2008). Tsiplakou i sur. (2010) utvrdili su značajno

($p \leq 0,05$) veći udio C18:3n-3 u mlijeku koza organskog sustava, što je posljedica veće konzumacije paše i grmolikih biljaka, u odnosu na koze konvencionalnog sustava. S druge strane, u mlijeku koza konvencionalnog sustava utvrđen je veći sadržaj C18:2n-6, iako rezultati nisu bili značajni.

Istraživanje Eknæs i sur. (2009) bilo je provedeno na kozama norveške mliječne pasmine. Sedam tjedana nakon jarenja koze su puštene na planinske pašnjake, a nakon 18 mjeseci hranjene u staji tijekom 5 tjedana. Koze su napasane na planinskim pašnjacima na nadmorskoj visini od 900 do 1000 m, gdje prevladavaju močvare sa crnim i kljunastim šašom, a na suhom području trave (većinom *Deschampsia cespitosa* i *Deschampsia flexuosa*), vrbe (*Salix spp.*), cretne breze (*Betula pubescens*) i patuljaste breze (*Betula nana*). U jesen su koze napasivale kultivirane pašnjake na nižoj nadmorskoj visini od 90 m, na kojima su prevladavale vlasnjače (*Poa spp.*), livadne mačice (*Phleum pratense*) i livadne vlasulje (*Festuca pratensis*) kao jedne od najvažnijih biljnih vrsta. U oba razdoblja napasivanja koze su imale slobodan pristup pašnjaku tijekom dana i noći. Poslije toga razdoblja koze su držane u staji te hranjene silažom i koncentriranom krmom. Prva je skupina koza konzumirala koncentriranu krmu s dodatkom suncokretova ulja (40 g/kg koncentrata), a druga je skupina koza konzumirala obrok temeljen na koncentriranoj krmu i dodatku masti (60 g/kg koncentrata) koja je bogata palmitinskom (C16:0) i stearinskom (C18:0) masnom kiselinom. Mast je sadržala najveći udio C16:0, zatim C18:0 te miristinske masne kiseline (C14:0), C12:0 i C18:3.

Autori su utvrdili niži udio masnih kiselina od C6:0 do C14:0 u mlijeku koza koje su hranjene dodatkom masnoće u odnosu na koze koje su bile hranjene koncentriranom krmom s dodatkom suncokretova ulja. Također, utvrđen je značajno ($p < 0,05$) veći udio masnih kiselina od C16:0 do C18:3 u mlijeku koza koje su bile hranjene s dodatkom masnoće bogate istim masnim kiselinama, u odnosu na mlijeko koza hranjenih dodacima suncokretova ulja. Najveća je značajnost bila vidljiva u sadržaju C16:0, koji je bio veći u mlijeku koza hranjenih s masti koja je sadržala 51 g C16:0/100 g ukupnih masnih kiselina. Pojava "kozjeg" okusa mlijeka povezana je s povećanjem koncentracije slobodnih masnih kiselina, osobito C6:0 do C9:0 i razgranatih C9 i C10 masnih kiselina koje su u mlijeku koza obilnije u odnosu na kravlje mlijeko.

Tablica 1. Masnokiselinski profil mliječne masti (g/100 g masnih kiselina) koza u laktaciji hranjenih obrocima s dodatkom ulja šafranike i lanenoga ulja (Li i sur., 2012.)

Masne kiseline	TMR	Ulje šafranike	Laneno ulje	SE
C4:0 maslačna	1,40 ^c	1,64 ^b	1,91 ^a	0,139
C6:0 kapronska	2,25	1,85	2,01	0,265
C8:0 kaprilna	2,32 ^a	1,84 ^b	1,89 ^b	0,134
C10:0 kaprinska	7,1 ^a	5,3 ^b	5,6 ^c	1,05
C12:0 laurinska	3,97 ^a	2,89 ^b	2,89 ^b	0,714
C14:0 miristinska	10,5 ^a	6,4 ^b	7,3 ^b	1,94
C14:1 miristoleinska	0,234	0,201	0,183	0,0431
C16:0 palmitinska	26,0 ^a	18,5 ^b	21,8 ^b	1,47
C16:1 palmitoleinska	0,61	0,40	0,39	0,111
C17:0 margarinska	0,583 ^a	0,424 ^b	0,440 ^b	0,064
C18:0 stearinska	12,1 ^b	17,4 ^a	15,3 ^a	1,56
C18:1 oleinska	16,6 ^b	24,4 ^a	22,9 ^a	3,58
<i>trans</i> -11 C18:1 vakcenska	0,39 ^b	1,79 ^a	1,48 ^a	0,202
C18:2 linolna	2,85	3,27	2,18	0,841
<i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 C18:2 rumenska	0,51 ^c	2,12 ^a	1,46 ^b	0,308
C18:3 α -linolenska	0,1404 ^b	0,1813 ^b	0,6721 ^a	0,00931
C14:1/C14:0	0,0213	0,0346	0,0323	0,00106
C16:1/C16:0	0,02	0,02	0,02	0,110
<i>cis</i> -9 C18:1/C18:0	1,3712	1,4033	1,4927	0,00909
<i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 C18:2/ <i>trans</i> -11 C18:1	1,3121 ^a	1,1824 ^b	0,9945 ^b	0,00813
C18:3/C18:2	0,052 ^b	0,064 ^b	0,313 ^a	0,0224
UFA	30,9 ^b	41,1 ^a	40,2 ^a	3,82
SFA	67,0	59,0	59,8	4,84
UFA/SFA	0,902 ^b	1,403 ^a	2,171 ^a	0,0421

^{a,b,c}Razina značajnosti $p < 0,05$; TMR - total mixed ration; SE - standardna pogreška; UFA - nezasićene masne kiseline; SFA - zasićene masne kiseline

Istraživanje LeDoux i sur. (2001) uključivalo je koze sanske i alpina pasmine koje su bile u zadnjoj trećini laktacije. Koze su podijeljene u četiri skupine. Prva je skupina koza hranjena obrocima sastavljenim od 30 % sijena lucerne, 35 % repine pulpe te 35 % koncentrirane smjese. Druga je skupina koza hranjena obrocima sastavljenim od 60 % sijena lucerne, 20 % repine pulpe i 20 % koncentrirane smjese. Treća je skupina koza hranjena obrocima sastavljenim od 30 % dehidrirane lucerne, 35 % repine pulpe i 35 % koncentrirane smjese, dok je četvrta skupina koza hranjena obrocima sastavljenim od 60 % dehidrirane lucerne, 20 % repine pulpe i 20 % koncentrirane smjese. Koncentrirana smjesa sastojala se od kukuruza, ječma, sačme soje te smjese vitamina i minerala. Rezultati ovoga istraživanja pokazali su da je u mlijeku koza svih skupina utvrđen najviši udio C10:0, C12:0, C14:0, C16:0 i C18:1 (oleinska) koji je iznosio 80 % ukupnog sadržaja masnih kiselina. Sadržaj voluminozne krme u obroku značajan je ($p < 0,01$) utjecao na udio C10:0, C12:0, C18:1 i C18:3 u mlijeku koza. U mlijeku koza koje su bile hranjene

većim udjelom voluminozne krme u obroku (60 % lucerne) utvrđen je niži udio C10:0, C12:0 i C18:2 te veći udio C18:1 i C18:3 u odnosu na mlijeko koza koje su hranjene obrocima s niskim sadržajem voluminoze u obroku. Značajno ($p < 0,05$) viši udio vakcenske masne kiseline (*trans*-11 C18:1) utvrđen je u mlijeku koza hranjenih obrocima s visokim udjelom dehidrirane lucerne u odnosu na mlijeko koza hranjenih obrocima s niskim udjelom dehidrirane lucerne. U mlijeku koza koje su bile hranjene dehidriranom lucernom utvrđen je značajno ($p < 0,001$) viši udio *trans*-11 C18:1 u odnosu na koze koje su bile hranjene sijenom lucerne. Obroci dehidrirane lucerne doveli su do povećanja vakcenske kiseline, i to 6 %. Slični su rezultati utvrđeni i u istraživanju Tudisco i sur. (2010.) koji su utvrdili značajno ($p < 0,05$) veći sadržaj PUFA, MUFA, a osobito *trans*-11 C18:1 ($p < 0,05$) i C18:3 ($p < 0,01$) u mlijeku koza iz ekološkog sustava hranjenih pašom, u odnosu na koze konvencionalnog sustava hranjenih sijenom.

Prisutnost vakcenske kiseline u buragu rezultat je nepotpune biohidrogenacije PUFA (Kalscheur i

sur., 1997). Mikroorganizmi buraga prevode PUFA, kao što su linolna i linolenska kiselina iz obroka, u stearinsku masnu kiselinu. Tijekom biohidrogenacije linolne u stearinsku kiselinu nastaju vakcenska i konjugirana linolna kiselina (Griinari i Bauman, 1999).

Prema Chilliard i sur. (2003), sjemenke kao što su lupine, soja, lan moraju biti fizikalno obrađene (mljevene, ekstrudirane, toplinski obrađene) u cilju povećanja *trans*-vakcenske i rumenske masne kiseline u mlijeku. S druge strane, netretirane sjemenke suncokreta brže se biohidrogeniraju i uključuju u interakciju s mikroorganizmima buraga, pri čemu se značajno povećava sadržaj *trans*-vakcenske kiseline. Schmidely i sur. (2011) utvrdili su značajno ($p < 0,01$) povećanje CLA u mlijeku pri hranidbi koza s dodatkom peletirane sačme kanole u odnosu na koze hranjene osnovnim obrokom s dodatkom ekstrudirane soje.

Dodaci različitih vrsta ulja

Sadržaj masnih kiselina kozjega mlijeka pod utjecajem je hranidbe. Dodaci odgovarajućega izvora masnoće u obrocima preživača mogu promijeniti sadržaj masnih kiselina mliječne masti, ovisno o sadržaju masnih kiselina obroka te biohidrogenacije i mikrobne aktivnosti buraga (Mele i sur., 2008). Dodaci različitih ulja bogatih n-3 i n-6 nezasićenim masnim kiselinama pokazali su značajan utjecaj na povećanje istih masnih kiselina u mlijeku koza.

Li i sur. (2012) proveli su istraživanje utjecaja dodataka lanenoga ulja i ulja šafranike u obroke koza na sadržaj masnih kiselina u mlijeku. Obrok (TMR-total mixed ration) svih skupina koza temeljio se na sijenu lucerne. Prva je skupina bila kontrolna. Druga je skupina koza hranjena osnovnim obrokom i dodatkom ulja šafranike (50 g/kg ST obroka), dok je treća skupina bila hranjena osnovnim obrokom s dodatkom lanenoga ulja (50 g/kg ST obroka). Ulje šafranike predstavlja bogat izvor linolne kiseline, koja čini $76,2 \pm 2,78$ g/100 g masnih kiselina ovog ulja (Li i sur., 2012). Laneno ulje dobar je izvor α -linolenske kiseline čiji je sadržaj u ulju $62,2 \pm 1,24$ g/100 g masnih kiselina (Li i sur., 2012). Istraživanje je provedeno tijekom 8 tjedana, uključujući 2 tjedna razdoblja prilagodbe. Rezultati istraživanja vidljivi su u tablici 1. U usporedbi sa sadržajem masnih kiselina mlijeka kontrolne skupine koza, mlijeko skupina

koza koje su hranjene obrocima s dodacima biljnih ulja imalo je povećan sadržaj C18:0, C18:1, *trans*-11 C18:1, C18:3 i CLA izomera. Udio linolne kiseline u mlijeku istraživanih koza nije se značajno promijenio. U mlijeku koza koje su hranjene obrocima s dodacima ulja šafranike utvrđen je značajno ($p < 0,01$) veći udio *cis*-9, *trans*-11 CLA, a u koza hranjenih dodacima lanenog ulja utvrđen je značajno ($p < 0,01$) veći udio C18:3 u mlijeku u odnosu na ostale skupine. Dodaci biljnih ulja doveli su do značajnog smanjenja ($p < 0,04$) *cis*-9, *trans*-11 C18:2/*trans*-11 C18:1 omjera.

Rezultati nisu pokazali nikakav utjecaj ulja šafranike i lanenoga ulja na C14:1/C14:0, C16:1/C16:0 i C18:1/C18:0 omjere, u odnosu na mlijeko koza kontrolne skupine. U tablici 1 vidljivo je kako je dodatak lanenog ulja značajno ($p < 0,01$) utjecao na povećanje C18:3/C18:2 omjera u mlijeku koza u odnosu na ostale skupine. Posljedično tomu, rezultati su pokazali i značajno ($p < 0,01$) povećan udio nezasićenih masnih kiselina (UFA) pod utjecajem dodataka ulja šafranike i lanenog ulja, što je uzrokovalo i značajan ($p < 0,01$) porast omjera između nezasićenih i zasićenih masnih kiselina (SFA), UFA/SFA u odnosu na mlijeko koza kontrolne skupine.

U navedenom je istraživanju porast dugolančanih masnih kiselina (C18 \leq), uslijed hranidbe dodacima ulja šafranike i lanenoga ulja, pratio smanjenje masnih kiselina od C10 do C17. Prema Mele i sur. (2008), PUFA ograničavaju *ex novo* sintezu kratkolančanih i srednjolančanih masnih kiselina inhibicijom lipogeneze u mliječnoj žlijezdi, ometajući aktivnost acetyl-CoA karboksilaze koja predstavlja kontrolnu točku sinteze masnih kiselina. Veći udio C18:0 i *cis*-9 C18:1 u mlijeku uslijed dodataka navedenih biljnih ulja u obrocima koza rezultat je nepotpune biohidrogenacije *cis*-9 C18:1 iz obroka do C18:0. Veći udio *trans*-11 C18:1 u mlijeku prisutan je zbog biohidrogenacije C18:3 iz obroka (Mele i sur., 2008). Posljedično tomu, od vakcenske masne kiseline biohidrogenacijom nastaje *cis*-9, *trans*-11 CLA, kao i biohidrogenacijom C18:2 (Griinari and Bauman, 1999). U istraživanju Nudda i sur. (2008) utvrđeno je značajno ($p < 0,01$) povećanje udjela linolenske masne kiseline u mlijeku koza koje su hranjene obrocima temeljenim na krepkim krmivima s dodatkom lanenog ulja. U istom je istraživanju utvrđen veći udio vakcenske i konjugirane linolne kiseline u odnosu na mlijeko koza koje su hranjene

Tablica 2. Razina prijenosa (%) eikozapentaenske (EPA) i dokosaheksaenske (DHA) masne kiseline u mlijeko koza (Kitessa i sur., 2001)

Hranidba	EPA	DHA
Obrok bez dodatka	n.u.	n.u.
ZUT	7,62 ^b	5,05
NUT	3,50 ^a	3,53
SE	1,21	0,69

^{a,b}Razina značajnosti $p < 0,05$; ZUT - hranidba dodatkom zaštićenog ulja tune; NUT - hranidba dodatkom nezaštićenog ulja tune; SE - standardna pogreška; n.u. - nije utvrđeno

obrocima temeljenim na krepkim krmivima s dodatkom sjemenki pamuka. Nakon prestanka dodavanja lanenoga ulja u obroke, sadržaj linolenske, vakcenske i rumenske kiseline u mlijeku se smanjio.

Matsushita i sur. (2007) utvrdili su da je dodatak sojina i suncokretova ulja u obrocima koza doveo do značajnoga ($p < 0,05$) povećanja PUFA te smanjenja SFA u odnosu na dodatak ulja kanole. Rezultati istraživanja pokazali su da je dodatak sojina ulja u obrocima koza doveo do n-6/n-3 omjera koji je iznosio 3,90. N-6/n-3 omjer uz dodatak suncokretova ulja u obrocima koza iznosio je 4,24, a dodatak ulja kanole doveo je do omjera u iznosu 5,77 u mlijeku koza. Dodatak sojina i suncokretova ulja uzrokovao je značajno ($p < 0,05$) manji n-6/n-3 omjer u kozjem mlijeku u odnosu na dodatak ulja kanole. Dodatak sojina i suncokretova ulja u obrocima koza doveo je do značajnoga ($p < 0,05$) povećanja PUFA te smanjenja SFA, u odnosu na ulje kanole. U istraživanju Mir i sur. (1999) hranidba dodatkom 4 % ulja kanole značajno je ($p < 0,01$) povećala udio CLA u kozjem mlijeku.

Cattaneo i sur. (2006) pri hranidbi koza obrocima s dodatkom ribljeg ulja utvrdili su povećanje n-3 nezasićenih masnih kiselina u mlijeku, kao što su EPA, DHA i C18:3. Utjecaj ribljeg ulja također su ispitali Kitessa i sur. (2001). Njihovo se istraživanje temeljilo na utjecaju dodataka zaštićenoga i nezaštićenog ulja tune na sadržaj n-3 nezasićenih masnih kiselina u mlijeku koza s posebnim osvrtom na dugolančane masne kiseline EPA i DHA. Koze su bile postupno hranjene trima obrocima različite kompozicije. Koze su 18 dana hranjene peletama sijena lucerne i zrna zobi u omjeru 60/40. Od 19. do 26. dana koze su hranjene peletama sa zaštićenim uljem tune, dok su od 37. do 42. dana hranjene peletama s dodatkom nezaštićenog ulja tune. Udio ribljega ulja u peletama iznosio je 3 % ST obroka. Hranidba

koza s dodatkom zaštićenoga ulja tune dovela je do značajnog ($p < 0,05$) prijenosa EPA (7,62 %) i DHA (5,05 %) u mlijeko, dok je prijenos istih masnih kiselina u mlijeko koza hranjenih dodatkom nezaštićenoga ribljeg ulja bio niži (tablica 2).

Primjena zaštićenog ulja tune dovela je do smanjenja negativnog utjecaja dugolančanih masnih kiselina na aktivnost buražnih mikroorganizama kao i posljedice njihova djelovanja koje se očituje u smanjenju konzumacije i probavljivosti vlakana te inhibiciji sinteze masnih kiselina u mliječnoj žlijezdi (Kitessa i sur., 2001). Analizom zaštićenog ulja tune u navedenom istraživanju utvrđeno je 2,9 % EPA te 9,4 % DHA ukupnog udjela masti. Također, utvrđen je udio EPA 3,1 % i DHA 12,5 % u ukupnoj masti nezaštićenoga ulja tune. Sadržaj masnih kiselina od C10:0 do C16:0 bio je značajno ($p < 0,05$) smanjen u mlijeku koza hranjenih dodatkom nezaštićenog ulja tune, dok je u mlijeku koza hranjenih dodatkom zaštićenog ulja bio nepromijenjen. Visoki sadržaj nezasićenih masnih kiselina iz nezaštićenoga ribljeg ulja doveo je do smanjenja koncentracije acetata u buragu, a time uzrokovao inhibiciju sinteze kratkolančanih masnih kiselina u mliječnoj žlijezdi (Kitessa i sur., 2001).

Sadržaj C18:0 bio je značajno ($p < 0,01$) smanjen sa 12,5 % na 4,3 % tijekom hranidbe zaštićenim uljem, te na 7,3 % tijekom hranidbe nezaštićenim uljem. Izostanak zaštite ulja dovodi do povećanja stearinske kiseline, dok su zaštićena ulja otporna na biohidrogenaciju i omogućuju zaštitu nezasićenih masnih kiselina. Sadržaj C18:1 u mlijeku bio je u značajnom ($p < 0,01$) porastu pri hranidbi nezaštićenim uljem tune, dok utjecaj zaštićenog ulja na sadržaj iste masne kiseline nije bio značajan. Hranidba koza zaštićenim i nezaštićenim uljem tune dovela je do značajnog ($p < 0,05$) povećanja C18:2, ali ne i C18:3, u odnosu na utjecaj obroka bez dodataka. Dnevna

proizvodnja EPA u mlijeku koza bila je od 340 do 740 mg pri hranidbi dodatkom zaštićenoga ulja, te od 160 do 580 mg pri hranidbi dodatkom nezaštićenog ulja.

Nadopuna obroka koza biljnim uljima ili sjemenkama žitarica koje su bogate uljima dovodi do brze biohidrogenacije polinezasićenih masnih kiselina u buragu, osim u slučaju kada su ulja zaštićena od buražnih uvjeta (Chilliard i sur., 2003). U preglednom radu Chilliard i sur. (2003), kao i u tablici 3, vidljivo je da dodatak odgovarajućeg izvora masnoće u obrocima koza može promijeniti sadržaj masnih kiselina u mlijeku, čiji je profil odraz modificirane hranidbe i djelovanja buražnih bakterija. Primjerice, dodatak kalcijevih sapuna palminoga ulja bogatog palmitinskom i oleinskom kiselinom u obrocima koza uzrokuje značajno povećanje istih masnih kiselina u mlijeku. Prema Mele i sur. (2008), kalcijevi sapuni masnih kiselina uz derivate karboksilnih kiselina, amida, triglicerida i dugolančanih alkohola predstavljaju tehnike zaštite masnoće. Masnoća može biti učinkovito zaštićena i enkapsulacijom, proteinskom ovojnicom koja je tretirana formaldehidom

(McDonald i Scott, 1977). Navedeni spojevi smanjuju utjecaj fermentacije u buragu na lipide krme te u isto vrijeme štite PUFA od biohidrogenacije u buragu. Obogaćivanje obroka koza zaštićenim uljima povećava sadržaj C18:1, C18:2 i C18:3 u mliječnoj masti, ovisno o sastavu masnih kiselina u izvoru lipida. U slučaju izostanka zaštite, sadržaj C18:0 i C18:1 povećan je zbog biohidrogenacije polinezasićenih masnih kiselina u buragu (Mir i sur., 1999).

Cenkvári i sur. (2005) proveli su istraživanje utjecaja dodatka zaštićene masnoće u obliku kalcijevih sapuna lanenog ulja u obrocima koza na sadržaj masnih kiselina u mlijeku. Pokusnoj skupini koza dodano je 75 g zaštićene masnoće u osnovni obrok (sijeno lucerne, sijeno prosa i koncentrat). Autori su utvrdili smanjenje svih zasićenih masnih kiselina (C10:0, C12:0, C14:0, C16:0), osim stearinske, čiji je sadržaj porastao 43,8 % u mlijeku koza koje su hranjene dodatkom kalcijevih sapuna lanenoga ulja. U mlijeku iste skupine koza smanjen je i sadržaj oleinske, i to 6,8% te palmitoleinske 6,7 %. Budući da zaštićena masnoća ima više talište ona se vrlo malo razgrađuje u buragu, stoga se masne kiseline u tankom

Tablica 3. Utjecaj hranidbe na sadržaj masnih kiselina u istraživanjima različitih autora

Masne kiseline	Voluminozna i koncentrirana krma			Dodaci različitih vrsta ulja		
	Paša		Silaža + Koncentrirana krma	Riblje ulje		Ca-sapuni lanenoga ulja
	Žan i sur. (2006) ¹	Pajor i sur. (2009) ²	Eknaes i sur. (2009) ³	Kitessa i sur. (2001) ²		Cenkvári i sur (2005) ⁴
			ZU	NZU		
C8:0	106	2,45	5,26	-	-	-
C10:0	433	10,04	17,91	10,5	5,72	8,23
C12:0	228	4,35	6,94	4,38	2,40	3,75
C16:0	984	33,84	25,48	29,4	25,1	26,29
C18:0	333	6,49	3,74	4,30	7,26	14,31
<i>cis</i> -9 C18:1	721	18,25	11,98	18,8	33,0	23,14
<i>trans</i> -11 C18:1	-	-	1,25	8,47	5,93	-
C18:2 n-6	103	2,02	1,20	3,44	3,47	2,60
CLA	-	0,66	-	-	-	-
C18:3 n-3	32	0,49	-	0,54	0,32	1,07
C20:4 n-6	6	0,26	-	0,22	0,17	-
EPA	-	0,07	-	0,47	0,31	-
DHA	-	0,04	-	1,01	1,12	-

¹mg/100 g mlijeka, ²% od ukupnog udjela masnih kiselina, ³g/100 g ukupnih masnih kiselina, ⁴g/100 g masti; ZU - zaštićeno ulje, NZU - nezaštićeno ulje; EPA - eikozapentaenska masna kiselina, DHA - dokozaheksaenska masna kiselina

crijevu apsorbiraju gotovo nepromijenjene (Vitec Nutrition, 2012). Sadržaj C18:3 u Ca-sapunima iznosio je 51,64 % ukupnog sadržaja masnih kiselina, stoga je udio C18:3 u mlijeku koza hranjenih navedenim dodatkom povećan 5,9 %, a C18:2 7,9 %.

Prema Mele i sur. (2008) te Chilliard i sur. (2003), kod dodataka zaštićenog soja ulja u obrocima koza povećanje udjela C18:3 prati i povećanje C18:1 i C18:0, najvjerojatnije zbog nepotpune zaštite toga ulja. Dodatak sjemenki pamuka u obrocima koza povećao je sadržaj C18:2 te omjer između sadržaja C18:0 i C18:1, unatoč činjenici da je navedeno ulje siromašno C18:0 i sadrži samo 16 % C18:1. Moguć razlog tomu je prisutnost ciklopropenoidnih kiselina u sjemenkama pamuka, koji su snažni inhibitori endokrinog enzima $\Delta 9$ -desaturaze koji katalizira reakciju desaturacije stearinske u oleinsku kiselinu (Chilliard i sur., 2003; Mele i sur., 2008). Dodajući cijele sjemenke u obroke, ulje iz sjemenki postaje dostupno u buragu postupno i to učinkovitije nego pri izravnoj upotrebi nezaštićenog ulja. Zbog toga se u buragu akumulira veća koncentracija C18:0, koja je završni proizvod biohidrogenacije PUFA u buragu. Ovakvi su rezultati utvrđeni i u koza u laktaciji koje su bile hranjene dodatkom sjemenki uljarica, sjemenkama lana ili suncokreta kao i nezaštićenih ulja navedenih uljarica (Chilliard, 2003).

Rapetti i sur. (2002) proveli su istraživanje utjecaja dodatka kukuruznog brašna, zaštićene masnoće te sirutke u prahu na sadržaj masnih kiselina u mlijeku sanskih koza u trećoj laktaciji podijeljenih u tri skupine. Mlijeko je uzorkovano tijekom $106. \pm 16$ dana. Obroci svih skupina koza temeljili su se na silaži talijanskoga ljulja, sačmi soje i kukuruznom brašnu, a između skupina razlikovali su se u izvoru energije. Prva je skupina hranjena obrocima sa 32 % (od ST) kukuruznoga brašna, druga skupina sa 23,5 % kukuruznoga brašna i 4,7 % zaštićene masnoće (kalcijevi sapuni dugolančanih masnih kiselina, Megalac; 84 % sadržaja masnih kiselina: C14:0=1,5 %, C16:0=44,0 %, C18:0=5,0 %, C18:1=40,0 %, C18:2=9,5 %), dok je treća skupina hranjena sa 22,3 % kukuruznoga brašna i 9,8 % sirutke u prahu u obrocima. U usporedbi s kontrolnom skupinom, u mlijeku skupine koza hranjenih dodatkom sirutke u prahu nisu utvrđene značajne razlike u sadržaju masnih kiselina. Značajne razlike u sadržaju masnih kiselina bile su utvrđene u mliječnoj masti koza koje su hranjene dodatkom zaštićene masnoće. Ovakav

je sastav obroka povećao udio mliječne masti, ali i modelirao masnokiselinski profil mlijeka. U istih je koza utvrđeno značajno ($p < 0,001$) smanjenje udjela C8:0 i C10:0 masnih kiselina, i to 30 %, kao i značajno ($p < 0,001$) smanjenje C12:0, C14:0 i C14:1 masnih kiselina 33 %. Hranidba dodatkom zaštićene masnoće dovela je i do značajnog ($p < 0,001$) porasta C16:0; C16:1; C18:0 i C18:1 masnih kiselina u mlijeku koza. Okus kozjega mlijeka pod utjecajem je slobodnih masnih kiselina kao što su kapronska, kaprilna i kaprinska (Skjevda, 1979), stoga je u ovom istraživanju također utvrđeno i smanjenje okusa karakterističnog za kozje mlijeko, pod utjecajem hranidbe dodatkom zaštićene masnoće.

Zaključak

Analizom navedenih istraživanja potvrđeno je postojanje mogućnosti modeliranja sastava masnih kiselina kozjega mlijeka hranidbom. U mlijeku koza napasivanih na pašnjacima porasle su koncentracije C6:0, C8:0, *cis-9 trans-11* C18:2, C18:3, C20:5, C22:6 te ukupni sadržaj PUFA, dok je u iste skupine koza smanjen udio C16:1, C18:2, ukupan udio n-6 nezasićenih masnih kiselina, te niži n-6/n-3 omjer u odnosu na skupinu koza hranjenih sijenom i žitaricama. Različiti dodaci u obrocima koza, kao što su biljna ulja i riblje ulje, također su pokazali povoljan utjecaj na značajno povećanje n-3 nezasićenih masnih kiselina u kozjem mlijeku. Dodaci zaštićenih ulja u obroke koza povećavaju sadržaj C18:1, C18:2 i C18:3 u mliječnoj masti, ovisno o sastavu masnih kiselina u izvoru masnoće. Pri dodavanju nezaštićenih ulja u obroke koza sadržaj C18:0 i C18:1 povećan je zbog biohidrogenacije polinezasićenih masnih kiselina u buragu.

Influence of goats feeding on the fatty acids content in milk

Summary

Numerous studies have demonstrated the possibility of modeling the content of fatty acids of milk fat, in order to increase the contents of desirable n-3 unsaturated fatty acids and decrease saturated fatty acid with adequate nutrition of goats. Previous studies showed that the milk of goats on pasture increased content of caproic (C6:0), caprylic (C8:0), conjugated linoleic acid (CLA, rumenic acid, *cis-9*,

trans-11 C18:2), linolenic (C18:3), eicosapentaenoic (C20:5) and docosahexaenoic (C22:6) and total content of polyunsaturated fatty acids (PUFA). In the same group of goats lower content of palmitoleic (C16:1), linoleic (C18:2) and total n-6 unsaturated fatty acids was found, as well as lower n-6/n-3 ratio compared with group of goats kept indoors and fed with alfalfa hay. In milk of goats fed with diets supplemented with safflower oil, content of CLA significantly increased, while goats fed with diets supplement with linseed oil had significantly higher content of C18:3 in milk, compared with group of goats fed without addition of these oils. Goats fed with addition of protected fish oil had significant transfer of eicosapentaenoic-EPA and docosahexaenoic-DHA fatty acids in milk. Protected fish oil reduced the negative impact of long chain fatty acids on the activity of ruminal microorganisms, consumption and digestibility of fiber, as well as inhibition of synthesis of fatty acids in milk gland. When adding unprotected fish oil, increase of stearic (C18:0) and oleic (C18:1) fatty acids occurred, because of the biohydrogenation of polyunsaturated fatty acids in rumen.

Key words: goat milk, pasture, linseed oil, fish oil, polyunsaturated fatty acids (PUFA)

Literatura

- Cabiddu, A., Decandia, M., Addis, M., Piredda, G., Pirisi, A., Molle, G. (2005): Managing Mediterranean pastures in order to enhance the level of beneficial fatty acids in sheep milk. *Small Ruminant Research* 59, 169-180.
- Cattaneo, D., Dell'Orto, V., Varisco, G., Agazzi, A., Savoini, G. (2006): Enrichment in n-3 fatty acids of goat's colostrum and milk by maternal fish oil supplementation. *Small Ruminant Research* 64, 22-29.
- Cenkvari, E., Fekete, S., Fébel, H., Veresegyházi, T., Andrásófszky, E. (2005): Investigations on the effects of Ca-soap of linseed oil on rumen fermentation in sheep and on milk composition of goats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 89, 172-178.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J., Lamberet, G. (2003): A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *Journal of Dairy Science* 86, 1751-1770.
- Dewhurst, R.J., Scollan, N.D., Lee, M.R.F., Ougham, H.J., Humphrey, M.O. (2003): Forage breeding and management to increase the beneficial fatty acid content of ruminant products. *Proceedings of the Nutrition Society* 62, 329-336.
- Eknæs, M., Havrevoll, Ø., Volden, H., Hove, K. (2009): Fat content, fatty acid profile and off flavours in goats milk-Effects of feed concentrates with different fat sources during the grazing season. *Animal Feed Science and Technology* 152, 112-122.
- Griinari, J.M., Bauman, D.E. (1999): Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: Yurawecz, M. P., Mossoba, M. M., Kramer, J.K.G., Pariza, M.W., Nelson, G.J. (1999): *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. AOCS Press, Champaign, IL, 1, 180-200.
- Grimble, R.F. (1998): Modification of inflammatory aspects of immune function by nutrients. *Nutrition Research* 18, 1297-1317.
- Hoffman, D.R., Birch E.E., Birch D.G., Uauy, R.D. (1993): Effects of supplementation with n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids on retinal and cortical development in premature infants. *American Journal of Clinical Nutrition* 57, 807-812.
- Jandal, J.M. (1996): Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* 22, 177-185.
- Kalač, P., Samková, E. (2010): The effect of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. *Czech Journal of Animal Science* 55, 521-537.
- Kalscheur, K.F., Teter, B.B., Piperova, L.S., Erdman, R.A. (1997): Effect of dietary concentration and buffer addition on duodenal flow of trans-C18:1 fatty acids and milk fat production in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 80, 2104-2114.
- Kitessa, S.M., Gulati, S.K., Ashes, J.R., Fleck, E., Scott, T.W., Nichols, P.D. (2001): Utilisation of fish oil in ruminants II. Transfer of fish oil fatty acids into goat's milk. *Animal Feed Science and Technology* 89, 201-208.
- LeDoux, M., Rouzeau, A., Bas, P., Sauviant, D. (2001): Occurrence of trans-C18:1 fatty acids isomers in goat milk: effect of two dietary regimes. *Journal of Dairy Science* 85, 190-197.
- Li, X.Z., Yan, C.G., Lee, H.G., Choi, C.W., Song, M.K. (2012): Influence of dietary plant oils on mammary lipogenic enzymes and the conjugated linoleic content of plasma and milk fat of lactating goats. *Animal Feed Science and Technology* 174, 26-35.
- Matsushita, M., Tazanafo, N.M., Padre, R.G., Oliveira, C.C., Souza, N.E., Visentainer, J.V., Macedo, F.A.F., Ribas, N.P. (2007). Fatty acid profile of milk from Saanen goats fed a diet enriched with three vegetable oils. *Small Ruminant Research* 72, 127-132.
- McDonald, I.W., Scott, T.W. (1977): Foods of ruminant origin with elevated content of polyunsaturated fatty acids. *World Review of Nutrition and Dietetics* 26, 144-207.
- Mele, M., Buccioni, A., Serra, A., Antongiovanni, M., Secchiari, P. (2008): Lipids of goat's milk: Origin, composition and main sources of variation. Iz knjige: Cannas, A i Pulina, G. (2008.): *Dairy goats feeding and nutrition*. CAB International. 47-65.

19. Mir, Z., Goonewardene, L.A., Okine, E., Jaegar, S., Scheer, H.D. (1999): Effect of feeding canola oil on constituents, conjugated linoleic acid (CLA) and long chain fatty acids in goats milk. *Small Ruminant Research* 33, 137-143.
20. Nudda, A., Palmquist, D.L., Battacone, G., Fancellu, S., Rassu, S.P.G., Pulina, G. (2008): Relationships between the contents of vaccenic acid, CLA i n-3 fatty acids of goat milk and the muscle of their suckling kids. *Livestock Science* 118, 195-203.
21. Pajor, F., Galló, O., Steiber, O., Tasi, J., Póti, P. (2009): The effect of grazing on the composition of conjugated linoleic fatty acid isomers and other fatty acids of milk and cheese in goats. *Journal of Animal and Feed Science* 18, 429-439.
22. Rapetti, L., Crovetto, G. M., Galassi, G., Sandrucci, A., Succi, G., Tamburini, A., Battelli, G. (2002): Effect of maize, rumen-protected fat and whey permeate on energy utilisation and milk fat composition in lactating goats. *Italian Journal of Animal Science* 1, 43-53.
23. Sampelayo, M. R., Chilliard, Y., Schmidely, Ph., Boza, J. (2007): Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* 68, 42-63
24. Schmidely, Ph., Andrade, P.V.D. (2011): Dairy performance and milk fatty acid composition of dairy goats fed high or low concentrate diet in combination with soybeans or canola seed supplementation. *Small Ruminant Research* 99, 135-142.
25. Sheard, N. F. (1998): Fish consumption and risk of sudden cardiac death. *Nutrition Reviews* 56, 177-179.
26. Simopoulos, A.P. (1991): Omega-3 fatty acids in health and disease and growth and development. *American Journal of Clinical Nutrition* 54, 438-463.
27. Simopoulos, A.P. (2000): Human requirement for n-3 polyunsaturated fatty acids. Symposium: Role of poultry products in enriching the human diet with n-3 PUFA. *Poultry Science* 79, 961-970.
28. Simopoulos, A.P. (2004): Omega-6/Omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. *Food Reviews International* 20, 77-90.
29. Skjvedal, J. (1979): Flavor of goat's milk: A review of studies on the sources of its variations. *Livestock Production Science* 6, 397-405.
30. Toledo, P., Anders, A., Björck, L. (2002): Composition of raw milk from sustainable production systems. *International Dairy Journal* 12, 75-80.
31. Tsiplakou, E., Kotrotsios, V., Hadjigeorgiou, I., Zervas, G. (2010): Differences in sheep and goat milk fatty acid profile between conventional and organic farming systems. *Journal of Dairy Research* 77, 343-349.
32. Tudisco, R., Cutrignelli, M.I., Calabrò, S., Piccolo, G., Bovera, F., Guglielmelli, A., Moniello, G., Infascelli, F. (2010): Influence of organic systems on milk fatty acids profile and CLA in goats. *Small Ruminant Research* 88, 151-155.
33. Vitec Nutrition. By-Pass FAT. <http://vitecnutrition.co.nz/images/File/bypassfat.pdf>, preuzeto 18.6.2012.
34. Wood, J.D., Enser, M. (1997): Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition* 78 (1), S49-S60.
35. Žan, M., Stibilj, V., Rogelj, I. (2006): Milk fatty acid composition of goats grazing on alpine pasture. *Small Ruminant Research* 64, 45-52.
36. Žujović, M., Ivanović, S., Stojanović, Z., Lilić, S. (2010): Production, quality and fatty acid composition of milk of Serbian White goat. *Archiv Tierzucht* 53 (4), 475-483.