

Utjecaj broja jarića i stadija laktacije na masne kiseline mlijeka i seruma koza

Šurbek, Marta

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Veterinary Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:178:062840>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-12**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Veterinary Medicine -
Repository of PHD, master's thesis](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

VETERINARSKI FAKULTET

Marta Šurbek

**UTJECAJ BROJA JARIĆA I STADIJA LAKTACIJE NA
MASNE KISELINE MLIJEKA I SERUMA KOZA**

Diplomski rad

Zagreb, 2019.

Zavod za fiziologiju i radiobiologiju

Predstojnik zavoda: prof. dr. sc. Suzana Milinković Tur

Mentor: doc. dr. sc. Lana Vranković

prof. dr. sc. Antun Kostelić

Članovi Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Jasna Aladrović
2. prof. dr. sc. Antun Kostelić
3. doc. dr. sc. Lana Vranković
4. prof. dr. sc. Zvonko Stojević (zamjena)

Zahvala

Zahvaljujem mentorici doc. dr. sc. Lani Vranković na pomoći u izradi ovog rada, strpljenju, razumijevanju i izuzetnoj suradnji. Zahvaljujem i prof. dr. sc. Antunu Kosteliću i prof. dr. sc. Jasni Aladrović koji su omogućili izradu ovog rada.

Također želim zahvaliti i svim prijateljima i kolegama koji su mi uljepšali studentske dane.

Posebna zahvala mojim roditeljima, koji su mi sve omogućili i koji su zaslužni za sva moja postignuća.

Marta

Popis tablica

Tablica 1. Razdioba masnih kiselina u mlijeku i serumu koza s obzirom na stadij laktacije i broj jarića (%).

Tablica 2. Sastav masnih kiselina seruma koza u suhostaju, ranoj i kasnoj laktaciji (%).

Tablica 3. Sastav masnih kiselina mlijeka koza u ranoj i kasnoj laktaciji (%).

Tablica 4. Indeksi aktivnosti stearoil-CoA desaturaza u serumu koza s obzirom na stadij laktacije.

Tablica 5. Indeksi aktivnosti stearoil-CoA desaturaza u mlijeku koza s obzirom na stadij laktacije.

Tablica 6. Masnokiselinski sastav seruma koza u ranoj laktaciji s obzirom na broj jarića (%).

Tablica 7. Indeksi aktivnosti stearoil-CoA desaturaza seruma tijekom rane laktacije s obzirom na broj jarića.

Tablica 8. Masnokiselinski sastav seruma koza u kasnoj laktaciji s obzirom na broj jarića (%).

Tablica 9. Indeksi aktivnosti stearoil-CoA desaturaza seruma tijekom kasne laktacije s obzirom na broj jarića.

Tablica 10. Masnokiselinski sastav mlijeka koza u ranoj laktaciji s obzirom na broj jarića (%).

Tablica 11. Masnokiselinski sastav mlijeka koza u kasnoj laktaciji s obzirom na broj jarića (%).

Tablica 12. Indeksi aktivnosti stearoil-CoA desaturaza u mlijeku koza tijekom rane laktacije s obzirom na broj jarića

Tablica 13. Indeksi aktivnosti stearoil-CoA desaturaza u mlijeku koza tijekom kasne laktacije s obzirom na broj jarića

Sadržaj

1. UVOD	1
2. PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	3
2.1 Kozarstvo u Hrvatskoj i svijetu	3
2.2 Fiziologija reprodukcije i laktacije koza	4
2.3 Lipidi i masne kiseline	4
2.4 Metabolizam lipida u preživača	7
2.4.1 Biosinteza mliječne masti	9
2.5 Značaj masti kozjeg mlijeka	10
3. MATERIJAL I METODE	12
3.1 Životinje	12
3.2 Uzimanje i priprema uzoraka za analize	12
3.3 Ekstrakcija ukupnih lipida	12
3.4 Priprema metilnih estera masnih kiselina	13
3.5 Plinska kromatografija (GC)	13
3.6 Statistička analiza rezultata	13
4. REZULTATI.....	15
5. RASPRAVA	27
6. ZAKLJUČCI.....	30
7. LITERATURA	31
8. SAŽETAK	36
9. SUMMARY	37
10. ŽIVOTOPIS	38

1. UVOD

Koza (*Capra hircus hircus*) je prva domesticirana proizvodna životinja koja živi u simbiozi s čovjekom već više od 10 000 godina (ENSMINGER i PARKER, 1986) i čiji je uzgoj, zbog velike prilagodljivosti, proširen diljem svijeta (MIOČ i PAVIĆ, 2002). U Hrvatskoj je, kao i u ostalim europskim zemljama, glavni kozji proizvod mlijeko (MIOČ i PAVIĆ, 2002) što potvrđuju podaci Hrvatske poljoprivredne agencije (HPA) prema kojima Alpina i Sanska koza zajedno čine 70,75% uzgojno valjanih koza u RH (HPA, 2018). Naime, Alpina i Sanska izrazito su mliječne pasmine te prema MIOČ i sur. (2007) ukupna proizvodnja od 548,5 kg mlijeka karakteristika je pasmine Alpina, dok je najveća ukupna proizvodnja mlijeka od 724,4kg, karakteristika Sanske koze (MIOČ i sur., 2007). Kozje mlijeko na tržištu je traženo zbog izvrsnih senzornih osobina, a u posljednje vrijeme kozjem se mlijeku sve više uz dijetetske, počinjju pripisivati i određene ljekovite osobine (MIOČ i PAVIĆ, 2002).

Masnokiselinski sastav mlijeka od izrazite je važnosti za kvalitetu mlijeka; za nutritivna i za fizikalna svojstva mlijeka, kao što su temperatura tališta, tvrdoća maslaca, kristalizacija i frakcioniranje mliječne masti (CHILLIARD i sur., 2000). Lakša probavljivost kozjeg mlijeka u usporedbi s kravljim, pripisuje se manjim masnim globulama i većem udjelu pojedinih masnih kiselina (VERRUCK i sur., 2019). Osim toga, specifična aroma kozjeg mlijeka potječe upravo od slobodnih masnih kiselina mlijeka (JENNESS, 1980). Masne kiseline imaju raznolike uloge u organizmu te se pojedine skupine masnih kiselina povezuju s pozitivnim učincima na zdravlje čovjeka (TVRZICKA i sur., 2011).

Masne kiseline seruma izvor su otprilike polovine masnih kiselina mlijeka koza (CHILLIARD i sur., 2000). Ostatak masnih kiselina sintetizira se de novo u epitelnim stanicama mliječne žlijezde (GOFF, 2015). Kozje mlijeko je, za razliku od kravljeg, bogatije maslačnom (C4:0), kapronskom (C6:0), kaprilnom (C8:0) i kaprinskom (C10:0) masnom kiselinom (HAENLEIN, 1993).

Broj mladunčadi i stadij laktacije utječu na količinu proizvedenog mlijeka u laktaciji (MAMY i sur., 2018; KLJAJEVIC i sur., 2017). Osim toga, masnokiselinski sastav, iako specifičan za pojedinu vrstu i tkivo, također je podložan promjenama (LEAT, 1966; ALMEIDA i sur., 2019). Stoga je cilj ovog istraživanja utvrditi razlike u masnokiselinskom

sastavu mlijeka s obzirom na broj jarića u leglu (jedan i dva ili više jarića) i stadij laktacije (rana i kasna laktacija) te u serumu koza s obzirom na broj jarića u leglu (jedan i dva ili više jarića u leglu) i stadij laktacije (rana i kasna laktacija i suhostaj).

2. PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

2.1 Kozarstvo u Hrvatskoj i svijetu

Koza (*Capra hircus hircus*) je prva domesticirana proizvodna životinja te, prema brojnim arheološkim nalazima, živi u simbiozi s čovjekom već više od 10 000 godina (ENSMINGER i sur., 1986). Budući da je koza lako prilagodljiva različitim uvjetima (MIOČ i PAVIĆ, 2002) uzgoj te životinje proširen je diljem svijeta (PULINA i sur., 2018).

Prema podacima Food and Agriculture Organization of the United Nations, svjetska populacija koza sastoji se od 1 003 milijuna jedinki (FAOSTAT, 2018). Većina pasmina koza namijenjena je proizvodnji mlijeka i mesa, dok je nekoliko pasmina namijenjeno isključivo proizvodnji mlijeka (PULINA i sur., 2018). Iako je kozje mlijeko treće najkorištenije mlijeko u svijetu, ono čini tek 1,9% ukupne proizvodnje mlijeka u svijetu (PULINA i sur., 2018). Međutim, u posljednjih 50 godina proizvodnja mlijeka malih preživača, koza i ovaca, udvostručila se te se očekuje daljnji rast proizvodnje ovog proizvoda (PULINA i sur., 2018). Najveći proizvođač kozjeg mlijeka u svijetu je Azija (52,7%), sa značajnom količinom mlijeka proizvedenog na području Indijskog potkontinenta, a slijede ju Afrika (25,7%), Europa (16,6%) i Amerika (4,9%) (FAOSTAT, 2018). Od Europskih zemalja u proizvodnji kozjeg mlijeka prednjače Francuska, Grčka, Italija i Španjolska (FAOSTAT, 2018).

Prema Godišnjem izvješću HPA u Republici Hrvatskoj u 2018. godini uzgajalo se oko 68.000 rasplodnih koza, a uzgojno selekcijski rad provodio se na 7.395 grla kod 106 uzgajivača (HPA, 2018). Iako je tijekom posljednjih desetak godina vidljiv trend opadanja, unazad pet godina vidljiva je stabilnost broja uzgajivača i uzgojno valjanih koza. Najveći broj uzgajivača upisanih u upisnik uzgojno valjanih koza (38,1%), kao i najveći broj takvih grla (44,4%) nalazi se u Međimurskoj županiji. Po broju uzgajivača (13,4%) slijedi Šibensko-kninska županija, a po broju uzgojno valjanih životinja (17,1%) Varaždinska županija (HPA, 2018). U Hrvatskoj se uzgojno selekcijski rad provodi na ukupno 6 pasmina: Istarska koza, Hrvatska bijela koza, Hrvatska šarena koza, Burska, Sanska i Alpina (HPA, 2018). U Hrvatskoj je glavni proizvod koza mlijeko (MIOČ i PAVIĆ, 2002), što potvrđuju podaci HPA prema kojima Alpina i Sanska zajedno čine 70,75% uzgojno valjanih koza u RH (HPA, 2018). Naime, Alpina i Sanska izrazito su mliječne pasmine te prema MIOČ i sur. (2007) najduža laktacija od prosječnih 259 dana s ukupnom proizvodnjom od 548,5 kg mlijeka

karakteristika je pasmine Alpina, dok je najveća ukupna proizvodnja mlijeka od 724,4kg, odnosno 2,85kg dnevno kroz 254 dana, karakteristika Sanske koze (MIOČ i sur., 2007).

2.2 Fiziologija reprodukcije i laktacije koza

Koze su sezonski poliestrične životinje s izraženom cikličkom aktivnošću jajnika u periodu godine s kraćim danima, odnosno u jesen i zimu te se stoga nazivaju „short day breeders“, odnosno tjeraju se u vrijeme kratkog dana, a jare u proljeće (FATET i sur., 2011). Spolnu zrelost koze dostižu s otprilike navršenih 5-7 mjeseci (JAINUDEEN i sur., 2016). Graviditet koze traje u prosjeku 150 dana, iako postoje pasminske i individualne razlike. S obzirom na duljinu graviditeta, koze bi mogle imati dva poroda godišnje, no uzimajući u obzir sezonost estrusa, bez indukcije estrusa moguć je samo jedan porod godišnje (JAINUDEEN i sur., 2016). Istraživanje provedeno na 13.685 jedinki 5 pasmina, uključujući Sansku kozu i Alpinu, pokazalo je da koze najčešće imaju jedno (56,2%) ili dva mladunčeta (41,1%), a tek 2,7% koza tri ili četiri mladunčeta u leglu (MELLADO i sur., 2011).

Laktacija je prvenstveno hormonalno potaknut fiziološki proces. Pri kraju graviditeta dolazi do regresije žutog tijela, glavnog izvora progesterona. Bez progesterona kao blokatora laktogenih hormona, laktogeni hormoni, odnosno inzulin, kortizol i prolaktin potiču diferencijaciju alveolarnih stanica i sintezu proteina mlijeka (GOFF, 2015). Održanje laktacije (galaktopoeza) također je regulirano hormonima kao što su GH (hormon rasta) ACTH (adrenokortikotropni hormon) i kortizol, TSH (tireostimulirajući hormon), inzulin i PTH (paratireoidni hormon) (GOFF, 2015). Proizvodnja mlijeka za korištenje u prehrani čovjeka vrlo je zahtjevan i kompleksan proces uvjetovan interakcijom između čovjeka, hrane i okoline. Količina proizvedenog mlijeka u jednoj laktaciji ovisi o pasmini, hranidbi, dobi, veličini legla i sezoni jarenja (MIOČ i PAVIĆ, 2002). Gall (1981) navodi da laktacija koza traje između 200 i 300 dana (GALL, 1981), a u tom periodu koza može proizvesti i do 724kg mlijeka (MIOČ i sur., 2007).

2.3 Lipidi i masne kiseline

Lipidi su heterogena skupina spojeva koja uključuje masti, ulja, steroide, voskove i druge spojeve. Zajedničko svojstvo svih lipida je netopljivost u vodi i topljivost u nepolarnim otapalima. Podijeljeni su na jednostavne i složene (BOTHAM i MAYES, 2011). U jednostavne se lipide ubrajaju masti i ulja, molekule sastavljene od masnih kiselina i

trovalentnog alkohola glicerola, i voskovi, esteri masnih kiselina i monohidroksi-alkohola veće molekularne mase. U složene se lipide ubrajaju esteri masnih kiselina i alkohola koji sadržavaju i dodatne skupine, a oni obuhvaćaju fosfolipide, glikolipide i druge složene lipide kao što su sulfolipidi i aminolipidi (BOTHAM i MAYES, 2011).

Lipidi imaju hidrofobna svojstva zahvaljujući masnim kiselinama, gradivnim jedinicama lipida (BERG, 2013). Masne kiseline zapravo su lanci ugljikovodika različitih duljina i stupnja nezasićenosti, na čijem se kraju nalazi karboksilna skupina (BOTHAM i MAYES, 2011; BERG i sur., 2013). Svojstva masnih kiselina i lipida u koje su ugrađene ovise upravo o duljini lanca i stupnju nezasićenosti; masne kiseline kraćeg lanca i većeg stupnja nezasićenosti imaju niže temperature tališta, što povećava fluidnost masnih kiselina i njihovih derivata (BERG i sur., 2013; TVRZICKA i sur., 2011). Masne kiseline imaju četiri glavne fiziološke uloge; imaju ulogu skladištenja energije, kao strukturne jedinice fosfolipida i glikolipida sudjeluju u izgradnji svih bioloških membrana, upućuju proteine na određena u membrani te služe kao hormoni i unutarstanični glasnici (BERG i sur., 2013). Masne kiseline imaju svoje sustavno i trivijalno ime, a često se označuju kraćom formulom CN:p n-x, u kojoj N označava broj ugljikovih atoma u lancu, p broj dvostrukih veza, a x položaj prve dvostruke veze u odnosu na ω -ugljikov atom (TVRZICKA i sur., 2011).

Ugljikovi atomi se u ugljikovodičnom lancu numeriraju počevši od karboksilnog C-atoma, a metilni ugljikov atom, na samom kraju lanca, naziva se ω -ugljikov atom (BOTHAM i MAYES, 2011; BERG i sur., 2013). U živim sustavima masne kiseline, zbog načina svoje biosinteze, obično imaju paran broj ugljikovih atoma, između 14 i 24, a najviše su zastupljene masne kiseline od 16 i 18 ugljikovih atoma (BERG i sur., 2013). Prema duljini lanca masne kiseline dijele se na kratkolančane (C2-C4), srednjelančane (C6-C10) i dugolančane (C12-C18) i masne kiseline vrlo dugog lanca (C20-C30) (TVRZICKA i sur., 2011). Prema prisustvu dvostrukih veza u lancu, masne kiseline podijeljene su na zasićene (eng. SFA; saturated fatty acids) i nezasićene (eng. UFA; unsaturated fatty acids), koje mogu biti jednostruko- (eng. MUFA; monounsaturated fatty acids) i višestrukonezasićene (eng. PUFA; polyunsaturated fatty acids). Stupanj nezasićenosti masnih kiselina sisavaca varira od 0 do 6 dvostrukih veza (TVRZICKA i sur., 2011). Položaj dvostruke veze označava se simbolom Δ i brojem u superskriptu, koji odgovara rednom broju ugljikovog atoma na kojem se nalazi dvostruka veza (BOTHAM i MAYES, 2011; BERG i sur., 2013). Alternativno, postojanje dvostruke veze može se označiti i brojanjem od metilnog, ω -ugljikova atoma (BERG i sur.,

2013). Nove dvostruke veze nezasićenim masnim kiselinama mogu se uvesti samo između već postojeće dvostruke veze (ω -9, ω -6, ω -3) i karboksilnog ugljika, što uvjetuje postojanje triju biosintetskih serija, odnosno obitelji masnih kiselina ω -9, ω -6, ω -3 (BOTHAM i MAYES, 2011). Vodikovi atomi se u ugljikovodičnom lancu oko dvostruke veze mogu pojaviti u *cis*-, odnosno *trans*-konfiguraciji. *Cis*- konfiguracija označava takav položaj vodikovih atoma, kod kojeg se vodikovi atomi vezani na ugljikove atome povezane dvostrukom vezom, nalaze na istoj strani ugljikovodičnog lanca, a *trans*- konfiguracija označava položaj vodikovih atoma na suprotnim stranama lanca (BOTHAM i MAYES, 2011). U fiziološkim uvjetima, masne kiseline uglavnom imaju *cis*-konfiguraciju (TVRZICKA i sur., 2011; BOTHAM i MAYES, 2011; BERG i sur., 2013). Prirodne *trans*-masne kiseline, kao što je konjugirana linolenska masna kiselina (CLA; C18:2 *cis*-9, *trans*-11 ili CLA; C18:2 *trans*-10, *cis*-12), specifičnost su preživača, odnosno aktivnosti mikroflore buraga (COLLOMB i sur., 2006).

Sisavci mogu sintetizirati zasićene masne kiseline s parnim brojem ugljikovih atoma. (TVRZICKA i sur., 2011). U sintezi masnih kiselina sudjeluju acetyl-CoA-karboksilaza i sintaza masnih kiselina. Acetyl-CoA-karboksilaza pretvara acetyl-CoA u malonil CoA, a zatim sintaza masnih kiselina katalizira nastajanje palmitata iz jedne acetyl-CoA i sedam malonil-CoA molekula (BOTHAM i MAYES, 2011). Za biosintezu nezasićenih masnih kiselina potrebni su još enzimi desaturaza i elongaza (BOTHAM i MAYES, 2011; BERG i sur., 2013). Masne kiseline fiziološki važne za sisavce su palmitoleinska (C16:1n-7), oleinska (C18:1n-9), linolna (C18:2n-6), alfa-linolenska (C18:3n-3), arahidonska (C20:4n-6) i eikozapentaenska (C20:5n-3) masna kiselina (BOTHAM i MAYES, 2011). Palmitoleinsku i oleinsku masnu kiselinu, kao i sve masne kiseline iz ω -9 obitelji, sisavci mogu sintetizirati zbog toga što posjeduju Δ 9- desaturazu (BOTHAM i MAYES, 2011; TVRZICKA i sur., 2011). Međutim, zbog nedostatka enzima Δ 12- i Δ 15-desaturaze, sisavci moraju hranom unositi neke masne kiseline iz ω -6 i ω -3 obitelji masnih kiselina, koje se stoga nazivaju esencijalne masne kiseline (TVRZICKA i sur., 2011). Esencijalne masne kiseline su linolna (LA; 18:2n-6) iz ω 6 obitelji i α -linolenska (ALA; 18:3n-3) iz ω -3 obitelji masnih kiselina (BOTHAM i MAYES, 2011; BERG i sur., 2013). Daljnjom elongacijom i desaturacijom ovih masnih kiselina nastaju arahidonska (AA; 20:4n-6) iz linolne i eikozapentaenska (EPA; 20:5n-3) i dokozaheksaenska (C22:6n-3) iz α -linolenske masne kiseline (TVRZICKA i sur., 2011). Esencijalne masne kiseline potrebne su za nastajanje prostaglandina, tromboksana,

leukotriena i lipoksina, nalaze se u građevnim lipidima stanice i doprinose cjelovitosti mitohondrijske membrane (BOTHAM i MAYES, 2011).

2.4 Metabolizam lipida u preživača

Lipidi nisu topivi u tjelesnim tekućinama, stoga se zbog transporta moraju prevesti u topivi oblik, odnosno moraju se inkorporirati u strukturu lipoproteina (STILINOVIĆ, 1993). U plazmi preživača nalazi se 5 frakcija lipoproteina koji se razlikuju svojom gustoćom: hilomikroni, lipoproteini jako male gustoće (VLDL), lipoproteini male gustoće (LDL), lipoproteini srednje gustoće (IDL) i lipoproteini velike gustoće (HDL) (BAUCHART, 1993). Kod preživača u metabolizmu dominira HDL sa 70%, LDL s 20%, a ostatak čini uglavnom VLDL (STILINOVIĆ, 1993). Povećanjem gustoće lipoproteina smanjuje se udio lipidnih komponenti, a povećava udio proteina (SMITH i sur., 1978). Svaka od frakcija lipoproteina heterogena je s obzirom na lipidni i proteinski sastav; glavna lipidna komponenta VLDL-a i hilomikrona su trigliceridi, a LDL-a i HDL-a esteri kolesterola i fosfolipidi (SMITH i sur., 1978). Proteinsku komponentu lipoproteina predstavljaju razni apoproteini, koji osim transportne uloge, imaju ulogu i u aktivaciji lipoproteinolitičkih enzima (STILINOVIC, 1993). Metabolički obrtaj masnih kiselina u krvi je izrazito brz; polovica masnih kiselina krvi zamijeni se novima svake dvije do tri minute (GUYTON i HALL, 2012). Lipoproteini potječu iz tri izvora; 1. iz procesa dijetarnih lipida, koji se nakon probave resorbiraju i u enterocitima prevode u lipoproteine; 2. mobilizacijom lipida iz masnih naslaga organizma; 3. sintezom u jetri (STILINOVIĆ, 1993).

U preživača probava masti započinje već u buragu obilnom hidrolizom lipida, oslobađanjem slobodnih masnih kiselina iz strukture triacilglicerola, fosfolipida i glikolipida, koju slijedi hidrogenacija slobodnih masnih kiselina, odnosno povećanje stupnja zasićenosti masnih kiselina (BAUMAN i LOCK, 2006). Hidrolizu i hidrogenaciju slijedi formiranje kratkolančanih masnih kiselina (octena, C2:0; propionska, C3:0; maslačna C4:0), koje se kao takve mogu apsorbirati kroz stijenku predželudaca ili iskoristiti za sintezu bakterijskih i protozoalnih lipida u buragu, čije masne kiseline karakterizira veći broj ugljikovih atoma (C13-C18) (NOBLE, 1981). U epitelnim stanicama predželudaca dolazi do pretvorbe maslačne kiseline (C4:0) u beta-hidroksibutirat, a octena kiselina (C2:0) apsorbira se u krvotok nepromijenjena (NOBLE, 1981). Lipidi koji dospiju u tanko crijevo sastoje se od fosfolipida (10-20%) sintetiziranih od mikroorganizama i zasićenih neesterificiranih masnih kiselina (NEFA) (70%), koje su nastale ili mikrobnom sintezom u buragu ili su podrijetlom iz

hrane (STILINOVIĆ, 1993). Za resorpciju masnih kiselina u tankom crijevu nužno je formiranje micela, što kod preživača omogućuju žuč, žučne soli i lecitin te gušteračini sokovi koji osiguravaju fosfolipazu i konverziju lecitina u lizolecitin (BAUMAN i LOCK, 2006). U pravilu, u tankom crijevu preživača resorbira se 92% višestrukonezasićenih (PUFA) i 82% zasićenih (SFA) masnih kiselina (BAUCHART, 1993). Zbog procesa biohidrogenacije u buragu, u tankom crijevu najviše je stearinske (C18:0) masne kiseline, no nakon resorpcije te masne kiseline, dolazi do njene obilne desaturacije u stanicama crijevne mukoze i nastanka oleinske masne kiseline (C18:1n-9). S obzirom na to da se kod preživača dijetarni lipidi resorbiraju gotovo u potpunosti kao slobodne masne kiseline (STILINOVIC, 1993; NOBLE 1981) prilikom resinteze triacilglicerola na hrapavom endoplazmatskom retikulumu epitelnih stanica crijevne sluznice dominira α -glicerofosfatni put (NOBLE, 1981). Sintezu lipidnih komponenti slijedi inkorporacija istih u komplekse hilomikrona, što omogućuje njihov transport preko limfe u krv (BAUMAN i LOCK, 2006).

Masne tvari u krvi, osim iz dijetarnih lipida, potječu i od mobiliziranih lipida iz masnih naslaga organizma i od lipida metaboliziranih u jetri (STILINOVIĆ, 1993). Masno tkivo glavno je spremište masti u organizmu (VERNON, 1981; GUYTON i HALL, 2012; STILINOVIĆ, 1993). Masno tkivo preživača bogato je lipazama koje omogućuju odlaganje masnih kiselina plazminih lipoproteina, kao i razgradnju triacilglicerola masnih stanica i mobilizaciju masnih kiselina (GUYTON, 2012; VERNON, 1981). Kod preživača izvan laktacije masno tkivo ima glavnu ulogu u de novo sintezi masnih kiselina, za razliku od nepreživača kod kojih tu ulogu ima jetra (VERNON, 1981). U masnom tkivu može se povećati stupanj nezasićenosti novosintetiziranih masnih kiselina, produljiti ugljikovodični lanac, esterificirati egzogene masne kiseline i de novo sintetizirane masne kiseline i mobilizirati masne kiseline (VERNON, 1981). Iako kod preživača ima vrlo malu značajnost u lipogenezi, jetra ima najveću ulogu u odstranjivanju masnih kiselina iz krvi te je procijenjeno da odstrani 10% masnih kiselina koje krvlju dopiju do jetrene cirkulacije (BELL, 1981). Jetra je vrlo učinkovita u beta-oksidaciji, procesu u kojem se masne kiseline razgrade na acetilne radikale, koji zatim mogu ući u ciklus limunske kiseline i iskoristiti se za dobivanje energije. Ukoliko jetra ne može iskoristiti sav stvoreni acetyl-CoA, dvije molekule acetyl-CoA mogu se kondenzirati u acetocetenu kiselinu, ketonsko tijelo koje druga tkiva mogu iskoristiti za dobivanje energije (GUYTON i HALL, 2012). U hepatocitima preživača masne kiseline mogu se i desaturirati i elongirati te potom esterificirati (BELL, 1981). Uz enterocite, jetra je mjesto obilne desaturacije stearinske masne kiseline (BELL, 1981). Esterificirane masne

kiseline u jetri se pakiraju u strukturu VLDL-a te se u takvom obliku otpuštaju u cirkulaciju (BELL, 1981; STILINOVIĆ, 1993).

2.4.1 Biosinteza mliječne masti

Mliječna mast preživača sastoji se uglavnom od triacilglicerola (95%), dok ostatak čine masne komponente kao što su fosfolipidi, kolesterol, diacilgliceroli, monoacilgliceroli i slobodne masne kiseline (BAUMAN i sur., 2011). Procjenjuje se da mliječna mast preživača sadrži preko 400 različitih masnih kiselina (BAUMAN i sur., 2011). Ovako veliki spektar masnih kiselina uključuje i masne kiseline razgranatog lanca te razne geometrijske izomere nezasićenih masnih kiselina koje kao takve nisu prisutne u prehrani preživača (NOBLE, 1981). Mliječne masne kiseline potječu od de novo sintetiziranih masnih kiselina u alveolarnim stanicama i od unosenih dugolančanih masnih kiselina iz krvi (BAUMAN i sur., 2011; , EMERY, 1973; GOFF, 2015).

De novo se uglavnom sintetiziraju masne kiseline s do 16 ugljikovih atoma, uključujući i polovinu prisutnih C16 masnih kiselina, a druga polovina C16 masnih kiselina te masne kiseline s 18 i više ugljikovih atoma preuzete su iz krvi (BAUMAN i sur., 2011; GOFF, 2015). Za de novo sintezu masnih kiselina preživači uglavnom koriste acetat (C2) i beta-hidroksibutirat (C4) (BAUMAN i sur., 2011; GOFF, 2015). U stanici se acetat i beta-hidroksibutirat aktiviraju pomoću koenzima A (CoA) te potom od aktiviranog acetyl-CoA nastaje malonil-Coa, a aktivirani beta-hidroksibutyl-CoA služi kao „primer“ u inicijaciji sinteze (EMERY, 1973). Beta- hidroksibutirat izvor je samo manjeg dijela ugljikovih atoma masnih kiselina sintetiziranih u mliječnoj žlijezdi te se procjenjuje da otprilike samo 8% ukupnog ugljika masnih kiselina potječe od beta-hidroksibutirata (BAUMAN i sur., 2011). Više od polovine ukupnih masnih kiselina mlijeka potječe od masnih kiselina resorbiranih iz krvi (CHILLIARD i sur., 2000; EMERY, 1973). Kapilare mliječne žlijezde sadrže enzim lipoprotein lipazu, koja oslobađa masne kiseline iz strukture triacilglicerola, odnosno VLDL-a plazme, kako bi ih alveolarna epitelna stanica mogla resorbirati (BAUMAN i sur., 2011). Slobodne masne kiseline potom ulaze u alveolarne epitelne stanice uz pomoć transportnih proteina masnih kiselina (FATP i FABP) (BAUMAN i sur., 2011). U mliječnoj žlijezdi zabilježena je aktivnost $\Delta 9$ -desaturaza koje konvertiraju stearinsku u oleinsku masnu kiselinu, a važne su i za nastanak konjugirane linolenske masne kiseline (CLA), ali i za desaturaciju mnogih drugih masnih kiselina (BAUMAN i sur., 2011). Alveolarna epitelna stanica iz raspoloživih masnih kiselina sintetizira triacilglicerole, koji se unutar stanice spajaju u manje

masne kapljice. Naposljetku, te manje masne kapljice stanica izbacuje u lumen alveole kao masne globule okružene membranom (MATHER i KEENAN, 1998).

2.5 Značaj masti kozjeg mlijeka

Kozje mlijeko sastoji se prosječno od 3,8% mliječne masti, 3,4% proteina, 4,1% laktoze, 0,8% pepela i 87% vode (BHATTARAI, 2012). Udio pojedinog sastojka mlijeka može varirati ovisno o genetici, hranidbi, stadiju laktacije, broju mladunčadi, okolišnim i drugim čimbenicima (MIOČ i PAVIĆ, 2002). Istraživanje provedeno na Sanskim kozama pokazalo je da mlijeko Sanske koze pri kraju laktacije ima najveći udio masti (3,66%), nešto manji na početku laktacije (3,59%), a najmanji sredinom laktacije (2,99%) (KLJAJEVIC i sur., 2017).

Lipidi su u mlijeku dispergirani u formi globula okruženih tankom membranom koja se formira u procesu sekrecije masnih globula kroz apikalne dijelove alveolarne epitelne stanice (JENNESS, 1980; GANTNER i sur., 2015; MATHER i KEENAN, 1998). Struktura i veličina masnih globula znatno utječu na probavljivost mlijeka (GANTNER i sur., 2015). Masne globule kozjeg mlijeka manje su od masnih globula kravljeg mlijeka (KOMPAN i KOMPREJ, 2012) te je stoga kozje mlijeko lakše probavljivo od kravljeg (VERRUCK i sur., 2019; GANTNER i sur., 2015). Osim toga, zbog nedostatka aglutinina, masne globule kozjeg mlijeka nemaju tendenciju aglutinacije (VERRUCK i sur., 2019; JENNES, 1980). Membrana masne globule sastoji se od fosfolipida i proteina i ima ulogu fizičke barijere koja sprječava hidrolizu triacilglicerola unutar globule (GANTNER i sur., 2015). Masne globule sastoje se uglavnom od triacilglicerola (97-98%), manjim dijelom od fosfolipida (0,5-1,5%) i slobodnih masnih kiselina (0,7-1,5%) (GANTNER i sur., 2015). Distribucija masnih kiselina u strukturi triacilglicerola određuje efikasnost lipolize i biodostupnost masnih kiselina. U mlijeku žene palmitinska masna kiselina (C16:0) vezana je na sn-2 položaju glicerola te se ovakav položaj smatra važnim za apsorpciju masnih kiselina kod djece (GANTNER i sur., 2015). U mlijeku koze kratkolančane masne kiseline (C4-C8) vezane su na sn-3 položaju glicerola, a masne kiseline s više od 10 ugljikovih atoma, uključujući i palmitinsku (C16:0), na sn-1 ili sn-2 položaju, zbog čega se smatra da kozje mlijeko može biti adekvatna zamjena za majčino mlijeko kod djece (JENNESS, 1980). Osim toga, kozje mlijeko pogodno je za prehranu djece i zbog velikih količina vitamina A, niacina, tiamina i riboflavina (BHATTARAI, 2012).

Masnokiselinski sastav mlijeka od izrazite je važnosti za svojstva mlijeka. Lakša probavljivost kozjeg mlijeka u usporedbi s kravljim pripisuje se, osim već prije navedenom, i većem udjelu kratko- i srednjelančanih masnih kiselina (VERRUCK i sur., 2019). Osim toga, smatra se da specifičan okus kozjeg mlijeka potječe od slobodnih masnih kiselina mlijeka (JENNESS, 1980), odnosno masnih kiselina čiji su lanci srednje dužine (C6:0-C10:0) (KOMPAN i KOMPREJ, 2012). Ovim se masnim kiselinama pripisuje i pozitivni utjecaj prepoznat u stanjima i bolestima kao što su malapsorpcijski sindrom, steatoreja, hiperlipoproteinemija i dječja epilepsija (BHATTARAI, 2012). Dokazano je i da ove masne kiseline ograničavaju i smanjuju razinu kolesterola u krvi te doprinose fiziološkom razvoju prijevremeno rođene djece (BHATTARAI, 2012). Emulzije ovih masnih kiselina sprječavaju usporenje bazalnog metabolizma uslijed kalorijskog deficita, stoga su preporučene kao dodatak prehrani pretilim osobama na restriktivnim dijetama (TVRZICKA, 2011).

Konjugirana linolenska masna kiselina (CLA, C18:2 *cis*-9, *trans*-11), koja sadrži *trans*-konfiguraciju, specifičnost je preživača zbog mogućnosti izomerizacije i biohidrogenacije nezasićenih masnih kiselina u buragu i aktivnosti enzima $\Delta 9$ -desaturaze u mliječnoj žlijezdi (COLLOMB, 2006; KOMPAN i KOMPREJ, 2012). Postoji više izomera CLA, a u mlijeku je najzastupljeniji izomer *cis*-9, *trans*-11 (75-95%). Izomer *trans*-10, *cis*-12 prisutan je u vrlo malim količinama (COLLOMB, 2006). Istraživanja na životinjama i ljudima pokazala su utjecaj izomera *trans*-10, *cis*-12 na smanjenje masnih zaliha i povećanje mišićne mase. (COLLOMB, 2006). Dokazan je i pozitivan učinak CLA u alergijskim i upalnim reakcijama djelujući na citokine i imunoglobuline; CLA inhibira nastajanje tumor nekrotizirajućeg faktora alfa (TNF α), interferona gamma (IFN γ) i imunoglobulina E (IgE), a potiče nastajanje interleukina 1b i 10 (IL-1b i IL-10), kao i imunoglobulina A i M (IgA i IgM) (COLLOMB, 2006). Ovoj masnoj kiselini pridaje se sve veća pažnja otkako je njen antikancerogeni učinak dokazan kroz brojna *in vitro* i *in vivo* istraživanja. Smatra se da CLA svoj inhibitorni učinak očituje u svim fazama karcinogeneze; inicijaciji, promociji i progresiji. (COLLOMB, 2006; KOMPAN i KOMPREJ, 2012).

3. MATERIJAL I METODE

3.1 Životinje

Istraživanje je provedeno na 30 koza sanske pasmine držanih na farmi OPG u okolici Čakovca. Koze su držane u boksovima na dubokoj slami. Koze su bile u prosjeku od dvije do pet godina starosti te u prosjeku od prve do četvrte laktacije. U zimskom razdoblju (i rano proljeće) koze su hranjene sijenom i gotovom krmnom smjesom (16% proteina); sijeno je davano po volji, a koncentrat u količini od 1 kg dnevno (u dva obroka na izmuzištu). Od svibnja pa do zasušenja, koze su hranjene svježim pokošenim talijanskim ljuljem i djetelinsko travnom smjesom po volji, a koncentrat su dobivale na izmuzištu u količini od otprilike 1 kg dnevno. U suhostaju koze su hranjene sijenom po volji i manjom količinom koncentrata (cca 200 grama dnevno). Napajanje se provodilo pojilicama po volji. Prosječna mliječnost cijelog stada bila je oko 1000 litara u laktaciji od otprilike 300 dana. Sve su životinje bile klinički zdrave.

3.2 Uzimanje i priprema uzoraka za analize

Uzorci mlijeka i krvi uzeti su od ovlaštenog veterinaru u svrhu praćenja zdravlja stada koza. Uzorci krvi uzeti su punkcijom jugularne vene (v. jugularis) u vakutainer epruvete s gelom, potom centrifugirani na 500 g tijekom 15 minuta pri 20 °C te pohranjeni na -20 °C do analize. Uzorci mlijeka za svako grlo zasebno, uzeti su dva puta tijekom laktacije, rana laktacija (oko 30.) i kasna laktacija (oko 150. dana) u sterilne epruvete i pohranjeni na -20 °C do analize. Uzorci krvi uzeti su tijekom rane (oko 30. dana) i kasne laktacije (oko 150. dana) te suhostaja.

3.3 Ekstrakcija ukupnih lipida

Mast je ekstrahirana modificiranom metodom po Folch i sur. (1957). Ekstrakcija ukupnih lipida provodi se pomoću smjesa otapala kloroform:metanol:voda. Zvršni omjer otapala za ekstrakciju iznosi: kloroform:metanol:voda=2:2:1,8. Ekstrakti ukupnih lipida su upareni u uparivaču UNIVAPO 100H, opremljenim s jedinicom za hlađenje UNICRYO MC 2L Uniequip (Uniequip, Njemačka).

3.4 Priprema metilnih estera masnih kiselina

Masne kiseline iz ekstrakta ukupnih lipida prevedene su u metilne estere transesterifikacijom prema internacionalnom standardnom postupku ISO 14156-IDF 172:2001 i ISO 15884-IDF 182:2002. Ovako dobiveni metilni esteri masnih kiselina spremni su za analizu plinskom kromatografijom. Kao interni standard u uzorke ukupnih lipida dodan je metilni ester nonadekanske kiseline (C19:0).

3.5 Plinska kromatografija (GC)

Analiza metilnih estera masnih kiselina provedena je na plinskom kromatografu (Agilent 8860; Agilent Technologies, Inc., Kalifornija, SAD) opremljenom plamenionizacijskim detektorom (FID) i ALS-om. Temperatura injektora iznosila je 200 °C, a detektora 240 °C. Kromatografija je vršena na kapilarnoj koloni DB-23 (Agilent Technologies, Kalifornija, SAD), duljina 60 m, unutarnji promjer kolone 0,25 mm, debljina aktivnog sloja 0,25 µm). Početna temperatura kolone bila je 150 °C tijekom 2 minute, zatim povećana na 230 °C zagrijavanjem 5 °C/min i na toj temperaturi održana 20 minute. Kao plin nosač korišten je vodik uz protok 1 mL/min. Sakupljanje i obrada rezultata provedeni su pomoću računalnog programa OpenLAB CDS ChemStation Workstation VL. Masne kiseline identificirane su usporedbom retencijskih vremena sa metilnim standardima (Sigma Aldrich Chemie, GmbH and Supelco, USA). Kvantifikacija je učinjena upotrebom metilnog estera nonadekanske kiseline (C19:0).

3.6 Statistička analiza rezultata

Životinje su grupirane prema broju jarića (jedno jare, više od jednog jareta) te proizvodnoj fazi (rana laktacija, kasna laktacija i suhostaj). Rezultati su obrađeni u statističkom programu STATISTICA verzija 12 (StatSoft, Tulsa, SAD). Provjera normalnosti distribucije izvršena je pomoću Kolmogorov-Smirnov te Shapiro-Wilksovog W testa. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost i standardna devijacija. Značajnost razlika masnokiselinskog sastava mlijeka i seruma s obzirom na broj jarića u pojedinoj proizvodnoj fazi provjerena je Studentovim t-testom ukoliko se radilo o normalnoj razdiobi te Mann-Whitney U testom ako je razdioba bila različita od Gaussove. Dok je značajnost razlika masnokiselinskog sastava seruma u sve tri proizvodne faze provjerena jednosmjernom ANOVA testom ukoliko se radilo o normalnoj razdiobi te Kruskal-Wallisovom analizom

varijance ako je razdioba bila različita od Gaussove. Međusobna povezanost pokazatelja utvrđena je Spearmanovim testom korelacija. Razlike se smatraju statistički značajnima ako je $p < 0,05$.

4. REZULTATI

U tablici 1 naveden je postotni udio masnih kiselina s obzirom na prisutnost i broj dvostrukih veza u serumu i mlijeku koza u različitim fazama laktacije te s obzirom na broj jarića u leglu.

U serumu koza u suhostaju, ranoj i kasnoj laktaciji zasićene masne kiseline (SFA) su najzastupljenije s najvećim postotkom palmitinske kiseline (C16:0). Jednostrukonezasićene masne kiseline (MUFA) u serumu su tijekom suhostaja i laktacije na drugom mjestu po zastupljenosti, dok su višestrukonezasićene (PUFA) zastupljene s najmanjim postotkom. Jednostrukonezasićene masne kiseline druge su po zastupljenosti u serumu kod svih skupina osim u kasnoj laktaciji u skupini koza s dva ili više jarića, kod kojih su višestrukonezasićene masne kiseline zastupljenije od jednostrukonezasićenih. Od jednostrukonezasićenih masnih kiselina najzastupljenija je oleinska kiselina (C18:1c9), dok je kod višestrukonezasićenih masnih kiselina najzastupljenija linolna kiselina (C18:2n-6) u svim proizvodnim fazama.

U mlijeku su u razdoblju rane i kasne laktacije također najzastupljenije zasićene masne kiseline (SFA) pri čemu palmitinsku kiselinu (C16:0) nalazimo u najvećem postotku. Masne kiseline s jednom dvostrukom vezom (MUFA) nalaze se na drugom mjestu prema zastupljenosti u mlijeku, pri čemu je najzastupljenija oleinska kiselina (C18:1c9). Udio višestrukonezasićenih masnih kiselina (PUFA) u mlijeku najmanji je i najzastupljenija masna kiselina je linolna (C18:2n-6).

Tablica 1. Razdioba masnih kiselina u mlijeku i serumu koza s obzirom na stadij laktacije i broj jarića (%).

	Serum L1		Mlijeko L1		Serum L2		Mlijeko L2		Serum Su
	1	2	1	2	1	2	1	2	
SFA	53,3	44,9	68,8	59,1	55,1	47,5	66,2	67,3	64,0
C16:0	22,2	18,9	30,0	24,5	29,3	24,8	28,2	28,9	31,5
MUFA	23,0	27,6	25,6	35,3	26,1	23,8	27,2	27,5	18,2
C18:1c9	20,5	24,8	24,9	34,5	24,9	23,1	26,9	27,1	12,4
PUFA	23,6	27,6	6,3	5,6	25,0	28,7	6,5	5,2	17,6
C18:2n-6	16,8	21,4	4,1	4,8	6,0	11,5	0,6	0,4	8,2

SFA-zasićene masne kiseline, MUFA-jednostrukonezasićene masne kiseline, PUFA-višestrukonezasićene masne kiseline, L1-rana laktacija, L2-kasna laktacija, Su-suhostaj, 1-koze s jednim jarićem u leglu, 2-koze s dva ili više jarića u leglu

Tablica 2. Sastav masnih kiselina seruma koza u suhostaju, ranoj i kasnoj laktaciji (%).

	p vrijednost					
	L1	L2	Su	L1:L2	L1:Su	L2:Su
C8:0	1,1±0,7	ND	1,6±0,4	< 0,010	0,601	< 0,010
C9:0	1,8±1,3	ND	0,4±0,5	< 0,010	0,105	0,400
C10:0	0,3±0,8	1,0±1,02	2,6±0,8	0,252	< 0,010	0,016
C11:0	1,7±1,4	ND	0,5±0,7	< 0,010	0,193	0,210
C12:0	4,2±2,7	1,7±1,0	2,5±1,0	0,005	0,426	0,722
C14:0	1,4±1,1	3,4±2,4	2,8±1,8	0,014	0,776	0,644
C14:1	1,1±1,0	ND	1,0±1,5	0,005	0,995	0,017
C15:0	0,03±0,1	ND	1,4±0,9	1,000	< 0,010	< 0,010
C16:0	20,6±5,8	27,0±6,2	31,5±15,0	0,011	0,004	1,000
C16:1	1,6±1,3	1,0±1,4	4,7±11,0	0,490	1,000	1,000
C18:0	17,9±5,7	17,9±9,4	21,0±13,2	1,000	0,136	0,747
C18:1c9	22,6±6,9	23,79±11,5	12,94±10,5	0,851	0,039	0,015
C18:2n-6	19,1±7,4	8,29±12,7	8,2±7,1	0,005	0,003	1,000
C18:3n-3	1,0±1,0	13,7±11,7	5,9±9,8	< 0,010	0,203	0,436
C20:4n-6	0,4±0,5	0,9±0,8	1,8±1,2	0,196	0,004	0,325
C20:4n-3	0,2±0,4	ND	0,6±0,7	0,640	0,273	0,023
C20:5n-3	3,4±1,9	0,5±1,2	0,8±1,6	< 0,010	0,016	1,00
C22:6n-3	1,4±5,0	ND	0,3±0,6	0,220	1,000	0,545
SFA	49,1±12,8	51,1±11,0	64,2±15,7	1,000	0,120	0,696
MUFA	25,2±7,3	24,9±12,3	18,1±18,7	1,000	0,328	0,187
PUFA	25,6±9,8	27,2±15,0	11,6±12,2	1,000	0,100	0,319
UFA	50,9±12,8	48,9±11,0	35,8±15,7	1,000	0,017	0,042
UFA/SFA	2,4±6,6	1,1±0,6	0,6±0,4	1,000	0,037	0,107
C20:4n-6/C20:5n-3	0,1±0,2	0,5±0,4	1,1±0,8	0,851	0,038	1,000
C20:4n-6/C22:6n-3	0,7±0,7	/	1,2±0,5	/	/	/
C20:5n-3/C22:6n-3	4,2±2,7	/	/	/	/	/
C18:1/C18:0	1,2±0,5	1,1±0,6	2,7±5,2	1,000	0,068	0,222
n-6	19,3±7,8	8,9±12,6	8,8±7,1	0,004	0,009	1,000
n-3	6,0±4,8	14,2±11,8	7,6±9,5	0,076	1,000	0,044
n6/n3	3,8±1,7	0,5±0,7	2,7±3,6	< 0,010	0,070	0,322
C22:6n-3+C22:5n-3	4,8±4,6	0,5±1,2	1,2±1,5	< 0,010	0,021	0,433

L1-rana laktacija, L2-kasna laktacija, Su-suhostaj, SFA-zasićene masne kiseline, MUFA-jednostrukonezasićene masne kiseline, PUFA-višestrukonezasićene masne kiseline, UFA-ukupne nezasićene masne kiseline, n6-obitelj omega-6 masnih kiselina, n3-obitelj omega-3 masnih kiselina, ND-nije utvrđeno, /-podaci nisu dostupni

U tablici 2 prikazan je masnokiselinski sastav seruma koza u suhostaju, ranoj i kasnoj laktaciji. Utvrđen je značajno viši postotak C8:0, C9:0, C11:0, C12:0, C14:1, C18:2n-6, C20:5n-3 ($p<0,010$) i značajno niži postotak C14:0, C16:0 ($p<0,050$) te C18:3n-3 ($p<0,010$) u serumu koza u ranoj fazi laktacije u usporedbi s kasnom fazom laktacije. U usporedbi sa suhostajem, u serumu koza u ranoj fazi laktacije utvrđen je značajno viši postotak C18:1c9 i C20:5n-3 ($p<0,050$) te C18:2n-6 ($p<0,010$), dok je u suhostaju značajno viši postotak utvrđen za sljedeće masne kiseline: C10:0, C15:0, C16:0, C20:4n-6 ($p<0,010$). Uspoređujući masnokiselinski sastav seruma koza tijekom kasne laktacije i suhostaja utvrđene su značajne razlike za masne kiseline C8:0, C15:0 ($p<0,010$) i C10:0, C14:1, C18:1c9, C20:4n-3 ($p<0,050$). U razdoblju kasne laktacije jedino je postotak C18:1c9 bio viši u usporedbi s razdobljem suhostaja, dok je udio ostalih masnih kiselina bio značajno niži u razdoblju kasne laktacije.

Ukupni postotak nezasićenih masnih kiselina (UFA), kojeg čini zbroj postotaka jednostrukonezasićenih masnih kiselina i višestrukonezasićenih masnih kiselina (MUFA+PUFA), značajno je viši u serumu koza i tijekom rane i kasne laktacije u odnosu na postotak u suhostaju ($p=0,017$; $p=0,042$). Nije utvrđena razlika u ukupnom postotku nezasićenih masnih kiselina seruma tijekom laktacije. Također, omjer nezasićenih i zasićenih masnih kiselina (UFA/SFA) značajno je viši tijekom rane laktacije u odnosu na suhostaj ($p=0,037$). U ranoj fazi laktacije utvrđen je značajno viši postotak ($p<0,010$) omega-6 masnih kiselina (n-6) u usporedbi sa suhostajem i kasnom fazom laktacije, dok je veći postotak ($p=0,044$) omega-3 masnih kiselina (n-3) utvrđen u kasnoj fazi laktacije. U ranoj fazi laktacije utvrđen je i značajno viši udio dokozaheksaenske i eikozapentaenske masne kiseline (C22:6n-3+C20:5n-3) u usporedbi s kasnom laktacijom ($p<0,010$) i suhostajem ($p<0,050$).

Tablica 3. Sastav masnih kiselina mlijeka koza u ranoj i kasnoj laktaciji (%).

	P vrijednost		
	L1	L2	L1:L2
C8:0	1,3±1,8	0,7±0,5	0,975
C9:0	2,3±2,2	ND	< 0,010
C10:0	2,3±2,1	7,1±1,4	< 0,010
C11:0	1,6±1,9	0,1±0,1	0,023
C12:0	3,3±4,3	4,6±1,0	< 0,010
C14:0	9,5±3,7	11,3±1,2	0,070
C15:0	0,7±0,6	1,0±0,1	0,021
C16:0	27,4±8,6	28,6±2,5	< 0,010
C16:1	0,7±0,3	0,4±0,2	< 0,010
C18:0	15,8±4,7	13,6±2,5	0,100
C18:1c9	29,4±11,2	27,0±2,5	< 0,010
C18:2n-6	4,4±1,6	8,29±12,7	< 0,010
C18:3n-3	0,9±1,9	0,5±0,2	< 0,010
C20:4n-6	0,3±0,3	0,7±0,2	0,041
SFA	64,2±12,1	66,8±4,6	0,404
MUFA	30,2±11,1	27,4±2,5	< 0,010
PUFA	5,9±1,4	5,8±3,7	0,855
UFA	35,8±12,1	33,2±4,6	0,404
UFA/SFA	0,6±0,2	0,5±0,1	0,014
C18:1/C18:0	1,9±0,6	2,0±0,3	1,000
n-6	4,8±1,7	1,2±0,4	< 0,010
n-3	0,8±1,8	4,4±3,2	< 0,010
n6/n3	0,4±1,4	3,5±1,4	< 0,010

L1-rana laktacija, L2-kasna laktacija, SFA-zasićene masne kiseline, MUFA-jednostrukonezasićene masne kiseline, PUFA-višestrukonezasićene masne kiseline, UFA-ukupne nezasićene masne kiseline, n6-obitelj omega-6 masnih kiselina, n3-obitelj omega-3 masnih kiselina, ND-nije utvrđeno

U mlijeku koza u ranoj laktaciji u odnosu na kasnu laktaciju (tablica 3) utvrđeno je značajno više MUFA i n-6 masnih kiselina ($p < 0,010$) i manje n-3 masnih kiselina ($p < 0,010$). Utvrđen je značajno veći postotak C9:0, C16:1, C18:1c9, C18:3n-3 ($p < 0,010$) i C11:0 ($p < 0,050$). U kasnoj laktaciji utvrđen je veći postotak C10:0, C12:0, C16:0, C18:2n-6 ($p < 0,010$), C15:0 i C20:4n-6 ($p > 0,05$) u odnosu na ranu laktaciju.

Tablica 4. Indeksi aktivnosti stearoil-CoA desaturaza u serumu koza s obzirom na stadij laktacije.

	p vrijednosti					
	L1	L2	Su	L1:L2	L1:Su	L2:Su
SCDi14	95,4±86,0	/	78,0±143,0	0,004	0,916	0,173
SCDi16	6,7±5,4	2,7±3,2	192,70±596,7	0,056	0,680	1,000
SCDi18	124,3±49,3	109,8±59,4	270,1±517,1	1,000	0,068	0,222

L1-rana laktacija, L2-kasna laktacija, Su-suhostaj, SCDi-indeks aktivnosti tkivnih stearoil-CoA desaturaza, /-podaci nisu dostupni

U tablici 4 prikazani su indeksi aktivnosti tkivnih stearoil-CoA desaturaza (SCDi) izračunati prema masnokiselinskom profilu seruma koza u različitim stadijima laktacije. Utvrđena je značajna razlika aktivnosti SCDi14 tkivne stearoil-CoA desaturaze ($p=0,004$) između rane i kasne laktacije.

Tablica 5. Indeksi aktivnosti stearoil-CoA desaturaza u mlijeku koza s obzirom na stadij laktacije.

	L1	L2	p vrijednost
SCDi14	90,4±97,1	99,3±82,2	0,846
SCDi16	6,4±5,2	7,0±5,9	0,800
SCDi18	107,3±50,8	143,2±42,6	0,117

L1-rana laktacija, L2-kasna laktacija, Su-suhostaj, SCDi-indeks aktivnosti tkivnih stearoil-CoA desaturaza, /-podaci nisu dostupni

Iz tablice 5 vidljivo je da nema značajnih razlika u indeksima aktivnosti tkivnih stearoil-Coa desaturaza izračunatim prema podacima za mlijeko s obzirom na stadij laktacije ($p>0,050$)

Tablica 6. Masnokiselinski sastav seruma koza u ranoj laktaciji s obzirom na broj jarića (%).

	1	2	p vrijednost
C8:0	1,1±0,8	1,2±0,6	0,849
C9:0	1,8±1,7	1,8±0,8	0,878
C10:0	0,5±0,9	0,2±0,7	0,705
C11:0	1,5±1,5	1,8±1,4	0,821
C12:0	4,2±3,0	4,2±2,6	0,948
C14:0	1,4±1,4	1,4±0,9	0,970
C14:1	1,1±1,1	1,1±1,0	0,941
C15:0	ND	0,1±0,2	0,705
C16:0	22,2±3,6	18,9±7,3	0,173
C16:1	1,5±1,3	1,6±1,4	0,705
C18:0	20,5±4,6	15,3±5,6	0,803
C18:1c9	20,5±8,0	24,7±5,3	0,168
C18:2n-6	16,8±5,8	21,4±8,4	0,406
C18:3n-3	0,6±0,6	1,4±1,3	0,121
C20:4n-6	0,5±0,5	0,4±0,6	0,545
C20:4n-3	0,3±0,5	0,2±0,6	0,705
C20:5n-3	2,9±1,8	3,9±1,9	0,285
C22:6n-3	2,5±7,1	0,3±0,5	0,762
SFA	53,3±9,2	44,8±14,9	0,406
MUFA	23,0±8,0	27,6±6,1	0,496
PUFA	23,6±7,2	27,5±12,0	0,385
UFA	46,6±9,2	55,1±15,0	0,406
UFA/SFA	0,9±0,3	3,9±9,3	0,406
C20:4n-6/C20:5n-3	0,2±0,2	0,1±0,2	0,248
C20:4n-6/C22:6n-3	0,5±0,6	1,0±0,8	0,306
C20:5n-3/C22:6n-3	3,2±2,3	5,5±3,0	0,295
C18:1/C18:0	1,1±0,5	1,4±0,4	0,117
n-6	17,1±5,8	21,6±8,9	0,406
n-3	6,3±6,1	5,8±3,3	0,814
n6/n3	3,5±2,2	4,1±1,1	0,309
C22:6n-3+C22:5n-3	5,5±6,3	4,2±2,3	0,930

1-koze s jednim jarićem, 2-koze s dva ili više jarića, SFA-zasićene masne kiseline, MUFA-jednostrukonezasićene masne kiseline, PUFA-višestrukonezasićene masne kiseline, UFA-ukupne nezasićene masne kiseline, n6-obitelj omega-6 masnih kiselina, n3-obitelj omega-3 masnih kiselina, ND-nije utvrđeno, /-podaci nisu dostupni

U tablici 6 prikazane su razlike u masnokiselinskom sastavu seruma koza tijekom rane laktacije s obzirom na broj jarića. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između koza s jednim i koza s dva ili više jarića ($p > 0,050$).

Tablica 7. Indeksi aktivnosti stearyl-CoA desaturaza seruma tijekom rane laktacije s obzirom na broj jarića.

	1	2	p vrijednost
SCDi14	90,4±97,1	99,3±82,2	0,846
SCDi16	6,4±5,2	7,0±5,9	0,800
SCDi18	107,3±50,8	143,2±42,6	0,117

1-koze s jednim jarićem, 2-koze s dva ili više jarića

Iz tablice 7 vidljivo je kako nije utvrđena značajna razlika u aktivnosti tkivnih stearyl-CoA desaturaza tijekom rane laktacije u koza s jednim jaretom u usporedbi s kozama s dva ili više jarića ($p > 0,050$).

Tablica 8. Masnokiselinski sastav seruma koza u kasnoj laktaciji s obzirom na broj jarića (%).

	1	2	p vrijednost
C8:0	ND	ND	/
C9:0	ND	ND	/
C10:0	0,7±1,0	1,4±1,2	0,336
C11:0	ND	ND	/
C12:0	1,4±1,1	2,0±0,9	0,361
C14:0	2,7±2,5	4,1±2,3	0,243
C14:1	ND	ND	/
C15:0	ND	ND	/
C16:0	29,4±6,1	24,9±3,4	0,034
C16:1	1,2±2,0	0,8±0,6	0,809
C18:0	20,9±9,6	15,7±8,8	0,046
C18:1c9	24,9±13,8	23,1±9,6	0,751
C18:2n-6	6,0±11,1	11,5±14,1	0,083
C18:3n-3	11,4±12,6	15,9±11,1	0,447
C20:4n-6	0,5±1,0	1,2±0,6	0,124
C20:4n-3	ND	ND	/
C20:5n-3	0,9±1,6	0,2±0,5	0,563
C22:6	ND	ND	/
SFA	55,1±10,6	47,5±10,6	0,160
MUFA	26,1±15,2	23,8±9,9	0,712
PUFA	25,0±15,1	28,7±15,6	0,658
UFA	44,9±10,6	52,5±10,5	0,160
UFA/SFA	0,9±0,4	1,2±0,6	0,230
C20:4n-6/C20:5n-3	0,4±0,6	/	/
C20:4n-6/C22:6n-3	/	/	/
C20:5n-3/C22:6n-3	/	/	/
C18:1/C18:0	1,1±0,7	1,2±0,6	0,749
n-6	6,0±11,1	11,4±14,1	0,083
n-3	12,2±12,7	16,0±11,3	0,525
n6/n3	0,6±1,0	0,4±0,5	0,366
C22:6n-3+C22:5n-3	0,9±1,6	0,2±0,5	0,606

1-koze s jednim jarićem, 2-koze s dva ili više jarića, SFA-zasićene masne kiseline, MUFA-jednostrukonezasićene masne kiseline, PUFA-višestrukonezasićene masne kiseline, UFA-ukupne nezasićene masne kiseline, n6-obitelj omega-6 masnih kiselina, n3-obitelj omega-3 masnih kiselina, ND-nije utvrđeno, /-podaci nisu dostupni

Iz tablice 8 vidljivo je da je značajno viši postotak C16:0 i C18:0 utvrđen u serumu koza u kasnoj fazi laktacije koje su u leglu imale samo jedno jare u odnosu na koze koje su imale dva ili više jarića u leglu (p=0,036; p=0,046).

Tablica 9. Indeksi aktivnosti stearoil-CoA desaturaza seruma tijekom kasne laktacije s obzirom na broj jarića.

	1	2	p vrijednost
SCDi14	/	/	/
SCDi16	2,0±3,6	3,2±2,9	0,458
SCDi18	96,8±64,4	120,9±57,3	0,391

1-koze s jednim jarićem, 2-koze s dva ili više jarića, SCDi- indeks aktivnosti tkivnih stearoil-CoA desaturaza, /-podaci nisu dostupni

U indeksima aktivnosti tkivnih stearoil-Coa desaturaza (tablica 9) nisu utvrđene značajne razlike između skupina koza u kasnoj laktaciji grupiranih prema broju jarića u leglu.

Tablica 10. Masnokiselinski sastav mlijeka koza u ranoj laktaciji s obzirom na broj jarića (%).

	1	2	p vrijednost
C8:0	0,6±1,5	2,6±1,7	0,041
C9:0	2,4±2,8	2,2±1,6	0,935
C10:0	1,9±2,3	2,8±1,8	0,253
C11:0	2,0±2,2	1,2±1,5	0,462
C12:0	4,9±4,8	1,5±3,2	0,037
C14:0	10,8±4,5	8,1±1,9	0,110
C15:0	0,7±0,7	0,6±0,4	0,792
C16:0	30,0±11,3	24,5±1,6	0,121
C16:1	0,7±0,3	0,8±0,4	0,645
C18:0	15,5±6,6	16,1±1,2	0,803
C18:1c9	24,9±13,4	34,5±5,1	0,041
C18:2n-6	4,1±2,1	4,8±0,5	0,330
C18:3n-3	1,3±2,6	0,3±0,4	0,288
C20:4n-6	0,3±0,3	0,4±0,4	0,369
SFA	68,7±14,7	59,1±5,5	0,008
MUFA	25,6±13,2	35,3±5,2	0,027
PUFA	6,3±1,8	5,6±0,8	0,306
UFA	31,3±14,7	40,9±5,5	0,008
UFA/SFA	0,5±0,3	0,7±0,2	0,009
C18:1/C18:0	1,7±0,7	2,2±0,3	0,009
n-6	4,4±2,2	5,2±0,6	0,253
n-3	1,2±2,5	0,3±0,4	0,369
n6/n3	0,7±1,9	0,1±0,1	0,300

1-koze s jednim jarićem, 2-koze s dva ili više jarića, SFA-zasićene masne kiseline, MUFA-jednostrukonezasićene masne kiseline, PUFA-višestrukonezasićene masne kiseline, UFA-ukupne nezasićene masne kiseline, n6-obitelj omega-6 masnih kiselina, n3-obitelj omega-3 masnih kiselina

Iz tablice 10 vidljivo je da postoji značajna razlika u udjelu pojedinih masnih kiselina u mlijeku koza u ranoj laktaciji s obzirom na broj jarića u leglu. U mlijeku koza s jednim jarićem u leglu u ranoj laktaciji utvrđen je značajno niži postotak C8:0 ($p=0,041$) te značajno viši postotak C12:0 ($p=0,037$) u odnosu na mlijeko koza s dva ili više jarića. U mlijeku koza s dva ili više jarića utvrđen je viši postotak C18:1 ($p=0,041$) te MUFA ($p=0,027$) u usporedbi s vrijednostima u mlijeku koza s jednim jarićem u leglu.

Tablica 11. Masnokiselinski sastav mlijeka koza u kasnoj laktaciji s obzirom na broj jarića (%).

	1	2	p vrijednost
C8:0	0,6±0,5	0,7±0,4	0,640
C9:0	ND	ND	/
C10:0	7,0±1,3	7,2±1,6	0,759
C11:0	0,1±0,1	0,1±0,1	0,665
C12:0	4,6±1,1	4,5±0,9	0,501
C14:0	10,8±1,1	11,6±1,3	0,123
C15:0	1,0±0,1	1,0±0,1	0,232
C16:0	28,2±3,1	28,9±2,0	0,317
C16:1	0,4±0,2	0,4±0,2	0,923
C18:0	14,0±3,3	13,2±1,7	0,525
C18:1c9	26,8±3,0	27,1±2,2	0,830
C18:2n-6	0,6±0,2	0,4±0,2	0,386
C18:3n-3	5,2±4,0	4,1±2,7	0,423
C20:4n-6	0,7±0,3	0,7±0,2	0,963
SFA	66,3±4,2	67,3±5,2	0,441
MUFA	27,3±2,9	27,5±2,3	0,839
PUFA	6,5±4,3	5,2±3,1	0,230
UFA	33,7±4,2	32,7±5,2	0,441
UFA/SFA	0,5±0,1	0,5±0,1	0,441
C18:1/C18:0	2,0±0,4	2,1±0,3	0,590
n-6	1,3±0,5	1,1±0,4	0,290
n-3	5,0±3,9	3,9±2,6	0,386
n6/n3	3,7±1,7	3,4±1,1	0,750

1-koze s jednim jarićem, 2-koze s dva ili više jarića, SFA-zasićene masne kiseline, MUFA-jednostrukonezasićene masne kiseline, PUFA-višestrukonezasićene masne kiseline, UFA-ukupne nezasićene masne kiseline, n6-obitelj omega-6 masnih kiselina, n3-obitelj omega-3 masnih kiselina, ND-nije utvrđeno, /-podaci nisu dostupni

Iz tablice 11 vidljivo je da u kasnoj laktaciji nisu utvrđene značajne razlike masnokiselinskog sastava mlijeka između koza s jednim i koza s dva ili više jarića u leglu.

Tablica 12. Indeksi aktivnosti stearoil-CoA desaturaza u mlijeku koza tijekom rane laktacije s obzirom na broj jarića

	1	2	p vrijednost
SCDi16	2,5±1,0	3,2±1,8	0,278
SCDi18	173,0±70,0	215,1±27,0	0,008

1-koze s jednim jarićem, 2-koze s dva ili više jarića, SCDi- indeks aktivnosti tkivnih stearoil-CoA desaturaza

Tijekom rane laktacije (tablica 12) u mlijeku koza utvrđena je značajno viša aktivnost stearoil-CoA desaturaza (SCDi18) u koza s dva ili više jarića u leglu (p=0,008).

Tablica 13. Indeksi aktivnosti stearoil-CoA desaturaza u mlijeku koza tijekom kasne laktacije s obzirom na broj jarića

	1	2	p vrijednost
SCDi16	1,5±0,6	1,5±0,7	0,961
SCDi18	198,7±40,4	208,1±30,1	0,590

1-koze s jednim jarićem, 2-koze s dva ili više jarića, SCDi- indeks aktivnosti tkivnih stearoil-CoA desaturaza

Tijekom kasne laktacije (tablica 13) nisu utvrđene značajne razlike aktivnosti tkivnih stearoil-CoA desaturaza (SCDi) s obzirom na broj jarića u leglu.

5. RASPRAVA

U ovom istraživanju istražen je masnokiselinski sastav seruma i mlijeka koza kroz različite faze laktacije, kao i s obzirom na broj jarića u leglu. Utvrđeno je da faza laktacije i broj jarića u leglu imaju utjecaj na zastupljenost pojedinih masnih kiselina seruma i mlijeka koza.

U mlijeku koza u ovom istraživanju dominiraju zasićene masne kiseline (SFA; 64,2% u ranoj i 66,8% kasnoj laktaciji) te je najzastupljenija C16:0 (palmitinska kiselina; rana laktacija 27,4% i kasna laktacija 28,6%). Druga skupina najzastupljenijih masnih kiselina u mlijeku koza u ranoj i kasnoj laktaciji su jednostrukonezasićene masne kiseline (MUFA; 30,2% i 27,4%), od kojih najveći postotni udio čini C18:1c9 (oleinska kiselina; 29,4% i 27,0%). Ovakvu razdiobu masnih kiselina u mlijeku kroz sve stadije laktacije potvrdila su istraživanja provedena na kozjem mlijeku u Poljskoj (STRZALKOWSKA i sur., 2009) i na uzorcima kozjeg mlijeka s tržnice u Italiji (COSSIGNANI i sur., 2014). Prema literaturi (MARKIEWICZ-KESZYCKA i sur., 2013) u mlijeku ovaca, ali i u kravljem mlijeku (LINDMARK MANSSON, 2008; MARKIEWICZ-KESZYCKA i sur., 2013) SFA s C16:0 također su najzastupljenije, a MUFA s C18:1c9 druge su po zastupljenosti. Za razliku od mlijeka preživača, prema istraživanju KREŠIĆ i sur. (2013), mlijeko žene sadrži najviše MUFA (42,3%), od kojih je najzastupljenija C18:1c9. Prema istom istraživanju SFA su druge po zastupljenosti (35,0%), a najzastupljenija SFA je, kao i u mlijeku preživača, C16:0 (KREŠIĆ i sur., 2013).

U serumu koza tijekom suhostaja, rane i kasne laktacije utvrđena je slična razdioba masnih kiselina kao i u mlijeku (Tablica 1). Najzastupljenija grupacija masnih kiselina u serumu koza tijekom istraživanih razdoblja bila je SFA (suhostaj, 64,2%; rana laktacija, 49,1%; kasna laktacija, 51,1%) s C16:0 kao najčešćom masnom kiselinom (suhostaj, 31,5%; rana laktacija, 20,6%; kasna laktacija, 27,0%). Međutim, MUFA (suhostaj, 18,2%; rana laktacija, 25,3%; kasna laktacija, 24,9%) i PUFA (suhostaj, 17,6%; rana laktacija, 25,6%; kasna laktacija, 27,2%) podjednako su zastupljene u serumu koza, što je u skladu s rezultatima ADEYEMI i sur. (2016). U plazmi čovjeka utvrđen je najveći postotak PUFA (44,5%) s C18:2 kao najzastupljenijom višestrukonezasićenom masnom kiselinom. Druge po zastupljenosti su SFA s 32,3%, s najviše C16:0 (RISE i sur., 2007).

S obzirom na fazu laktacije, u serumu koza u ovom istraživanju utvrđene su razlike u masnokiselinskom sastavu (Tablica 2). Serum predstavlja važan medij za transport masnih kiselina do ciljnih tkiva (CHILLIARD i sur., 2007). Srednjelančane i dugolančane masne kiseline kao što su C8:0, C9:0, C11:0, C14:1 i C15:0 nisu utvrđene u kasnoj fazi laktacije (Tablica 2). Najviši udio palmitinske kiseline (C16:0) utvrđen je u suhostaju, što je značajno različito u odnosu na ranu i kasnu laktaciju. Najviši udio C18:1 i C18:3n-3 u serumu koza utvrđeni su u kasnoj laktaciji, što je bilo značajno više nego u ranoj i kasnoj laktaciji. Dok je najviši udio C18:2n-6 utvrđen u ranoj laktaciji, što je značajno više u usporedbi s kasnom laktacijom i suhostajem. Udio arahidonske kiseline (C20:4n-6) bio je značajno viši u suhostaju u usporedbi s ranom laktacijom, dok je udio EPA (C20:5n-3) bio značajno viši u ranoj laktaciji u usporedbi s kasnom laktacijom i suhostajem. Masne kiseline kao što su C18:1, C18:2n-6, C18:3n-3, EPA i DHA (C22:6n-3) ekstenzivno se metaboliziraju i biohidrogeniraju u predželucima, što rezultira nastajanjem ne samo C18:0, nego i širokog raspona izomera PUFA i MUFA, posebice trans i konjugiranih masnih kiselina (HARFOOT i HAZELWOOD, 1997). Postotni udjeli masnih kiselina seruma koza u ovom istraživanju u skladu su s rezultatima ADEYEMI i sur. (2016).

U ovom istraživanju u mlijeku koza utvrđen je značajno viši udio srednjelančanih masnih kiselina tijekom rane u usporedbi s kasnom laktacijom (tablica 3). Tijekom kasne faze laktacije utvrđen je veći udio C16:0 i C18:2n-6 u usporedbi s ranom fazom. Tijekom rane faze laktacije utvrđen veći udio C18:3n-3, C18:1c9 te n-6, dok je udio n-3 te omjer n6/n3 bio veći tijekom kasne laktacije. Veća zastupljenost C18:3n-3 u ranoj laktaciji može se pripisati načinu hranidbe, budući da hranjenje životinja pašom utječe na povećanje C18:3n-3 u mliječnoj masti mlijeka koza (CHILLIARD i sur. 2007). Rezultati za C18:1c9 u ovom istraživanju u suglasju su s rezultatima ZUJOVIĆ i sur. (2010). U literaturi se navodi kako je utjecaj faze laktacije na sadržaj mliječne masti i na sastav masnih kiselina značajan te da je većinom povezan s mobilizacijom masnih rezervi tijekom rane laktacije i traje nekoliko tjedana svake godine (CHILLIARD i sur. 2007). Mlijeko koza najveći udio masti sadrži upravo tijekom rane faze laktacije nakon čega se smanjuje iz dva razloga: učinka razjeđenja zbog povećanja volumena mlijeka te smanjenja mobilizacije masnih rezervi što smanjuje i dostupnost slobodnih neesterificiranih masnih kiselina (NEFA), posebice C18:0 i C18:1c9 za sintezu lipida u mliječnoj žlijezdi (CHILLIARD i sur., 2003). Udio C18:0 i C18:1c9 u mlijeku koza u ovom istraživanju u suglasju je s navedenim. Udio n-6 i n-3 obitelji masnih kiselina u ovom istraživanju, kao i omjer n-6/n-3 (tablica 3) djelomično je u skladu s istraživanjem

MARKIEWICZ-KEZYCKA i sur. (2013). Omjer n-6/n-3 masnih kiselina u prehrani većine ljudi u rasponu je od 15:1 do 16:7 (SIMPOULUS, 2008). Međutim, preporučene su značajno niži udjeli n-6 masnih kiselina. Svjetska zdravstvena organizacija te Stručno povjerenstvo za hranu i poljoprivredu preporučuje n-6/n-3 omjer u vrijednostima niže od 4, budući da je u navedenom omjeru zapaženo značajno (70%) smanjenje smrtnih slučajeva uzrokovanih kardiovaskularnim oboljenjima (SIMPOULUS, 2008).

U mlijeku koza u ranoj laktaciji utvrđene su brojne razlike u pojedinim masnim kiselinama koza s jednim i koza s dva ili više jarića. Utvrđen je veći postotak MUFA i C18:1c9 kod koza s dva jarića (35,3%; 34,5%) u odnosu na koze s jednim jarićem (25,6%; 24,9%) (tablica 10). STRZALKOWSKA i sur. (2009) utvrdili su u kozjem mlijeku u ranoj laktaciji 77,7% SFA i 19,5% MUFA (STRZALKOWSKA i sur., 2009). S obzirom na to da su zasićene masne kiseline poželjnije u prehrani čovjeka, JOZWIK i sur. (2010) su povećanje udjela MUFA na račun SFA u kozjem mlijeku postigli odgovarajućom hranidbom (JOZWIK i sur., 2010). U ovom istraživanju u mlijeku koza u kasnoj laktaciji nisu zabilježene značajne razlike u sastavu masnih kiselina s obzirom na broj jarića u leglu (tablica 11).

6. ZAKLJUČCI

1. U mlijeku i serumu koza prevladavaju zasićene masne kiseline (SFA), bez obzira na stadij laktacije i broj jarića;
2. U mlijeku koza najmanje su zastupljene višestrukonezasićene masne kiseline (PUFA), dok su u serumu višestruko- i jednostrukonezasićene masne kiseline (PUFA i MUFA) podjednako zastupljene;
3. Postoje značajne razlike u sastavu pojedinih masnih kiselina u serumu u različitim stadijima laktacije, te je udio nezasićenih masnih kiselina (UFA) u suhostaju manji u odnosu na laktacijska razdoblja;
4. Mlijeko koza u ranoj i kasnoj laktaciji razlikuje se u masnokiselinskom sastavu, te je udio jednostrukonezasićenih masnih kiselina (MUFA) manji u kasnoj laktaciji;
5. U ranoj laktaciji broj jarića utječe na masnokiselinski sastav mlijeka;
6. Razlike u masnokiselinskom sastavu ukazuju na razlike u metaboličkom statusu, mobilizaciji masnih rezervi i hranidbi.

7. LITERATURA

1. ADEYEMI, K. D., A. D. SABOWL, Z. A. AGHWAN, M. EBRAHIMI, A. A. SAMSUDIN, A. R. ALIMONL, A. Q. SAZILI (2016): Serum fatty acids, biochemical indices and antioxidant status in goats fed canola oil and palm oil blend. *Journal of Animal Science and Technology*. 58, DOI 10.1186/s40781-016-0088-2
2. ALMEIDA, O. C., M. V. C. FERRAZ, I. SUSIN, R. S. GENTIL, D. M. POLIZEL, E. M. FERREIRA, J. P. R. BARROSO, A. V. PIRES (2019): Plasma and milk fatty acid profiles in goats fed diets supplemented with oils from soybean, linseed or fish. *Small Ruminant Research*. 170, 125-130.
3. BAUCHART, D. (1993): Lipid absorption and transport in ruminants. *Journal of Dairy Science*. 76, 3864-3881.
4. BAUMAN, E., A. LOCK (2006): Concepts in lipid digestion and metabolism in dairy cows. *Proc. Tri-State Dairy Nutr. Conf.*, 25-26 April. Indiana. str. 1-14.
5. BAUMAN, D. E., M. A. MCGUIRE, K. J. HARVATINE (2011): Mammary gland, milk biosynthesis and secretion: Milk fat. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2nd Edition. Elsevier Inc. Amsterdam. str.352-358.
6. BELL, A. W. (1981): Lipid metabolism in liver and selected tissues and in the whole body of ruminant animals. U: *Lipid metabolism in ruminant animals*. Pergamon Press Ltd. Oxford. str. 363-410.
7. BERG, J. M., J. L. TYMOCZKO, L. STRYER (2013): Lipidi i stanične membrane. U: *Biokemija*. (G. Bukan, ur.). Školska knjiga. Zagreb. str. 326-350.
8. BERG, J. M., TYMOCZKO, J. L., L. STRYER (2013): Biosinteza membranskih lipida i steroida. U: *Biokemija*. (G. Bukan, ur.). Školska knjiga. Zagreb. str. 732-759.
9. BERG, J. M., TYMOCZKO, J. L., L. STRYER (2013): Metabolizam masnih kiselina. U: *Biokemija*. (G. Bukan, ur.). Školska knjiga. Zagreb. str. 617-648.
10. BHATTARAI, R. R. (2012): Importance of goat milk. *Journal of Food Science and Technology Nepal*. 7, 107-111.
11. BOTHAM K. M., P. A. MAYES (2011): Fiziološki značajni lipidi. U: *Harperova ilustrirana biokemija* (J. Lovrić, J. Sertić, ur.). Medicinska naklada, Zagreb. str.121-130.

12. BOTHAM K. M., P. A. MAYES (2011): Biosinteza masnih kiselina i eikozanoida. U: Harperova ilustrirana biokemija. (J. Lovrić, J. Sertić, ur.). Medicinska naklada, Zagreb. str.193-204.
13. CHILLIARD, Y., A. FERLAY, R. MANSBRIDGE, M. DOREAU (2000): Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Annales de zootechnie. INRA/EDP Sciences.* 49, 181-205.
14. CHILLIARD, Y., F. GLASSER, A. FERLAY, L. BERNARD, J. ROUEL, M. DOREAU (2007): Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109, 828-855
15. CHILLIARD, Y., A. FERLAY, J. ROUEL, G. LAMBERET (2003): A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 86, 1751-1770.
16. COLLOMB, M., A. SCHMID, R. SIEBER, D. WECHSLER, E. L. RYHÄNEN (2006): Conjugated linoleic acids in milk fat: Variation and physiological effects. *International Dairy Journal.* 16, 1347-1361.
17. COSSIGNANI, L., L. GIUA, E. URBANI, M. S. SIMONETTI, F. BLASI (2014): Fatty acid composition and CLA content in goat milk and cheese samples from Umbrian market. *Eur Food Res Technol.* 239, 905-911
18. EMERY, R. S. (1973): Biosynthesis of milk fat. *Journal of Dairy Science.* 56, 1187-1195.
19. ENSMINGER, M. E., R. O. PARKER (1986): *Sheep and Goat Science*, 5th edition. The interstate Printers and Publishers Inc., Danville Illinois.
20. FAOSTAT (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS) (2019): Statistics database 2018. [http:// www.fao.org/faostat/en/#data](http://www.fao.org/faostat/en/#data).
21. FATET, A., M. T. PELLICER-RUBIO, B. LEBOEUF (2011): Reproductive cycle of goats. *Anim. Reprod. Sci.* 124, 211-219.
22. GALL, C., (1981): Relationship between body conformation and production in dairy goats. *Journal Dairy Science.* 63, 1768-1781.
23. GANTNER, V., P. MIJIĆ, M. BABAN, Z. ŠKRTIĆ, A. TURALIJA (2015): The overall and fat composition of milk of various species. *Mljekarstvo.* 65 (4), 223-231.
24. GOFF, J. P. (2015): *Endocrinology, Reproduction and Lactation.* U: *Duke's Physiology of Domestic Animals.* (W. O. Reece, ur.). John Wiley & Sons, Inc. Iowa. str. 617-713.

25. GUYTON, A. C., J. E. HALL (2012): Metabolizam lipida. U: Medicinska fiziologija. (S. Kukolja Taradi, I. Andreis, ur.), Medicinska naklada, Zagreb. str. 819-827.
26. HAENLEIN, G. F. W. (1993): Producing quality goat milk. *International Journal of Animal Science*. 8, 79-84.
27. HARFOOT, C. G., G. P. HAZLEWOOD (1997): Lipid metabolism in the rumen. In: *The Rumen Microbial Ecosystem*. (P. N. Hobson, C. S. Stewart, ur.). Blackie Academic & Professional, London. str. 382–426.
28. HRVATSKA POLJOPRIVREDNA AGENCIJA (2019): Godišnje izvješće o stanju uzgoja ovaca, koza i malih životinja u Republici Hrvatskoj za 2018. godinu. Zagreb.
29. JAINUDEEN, M. R., H. WAHID, E. S. E. HAFEZ (2016): Sheep and goats. U: *Reproduction in Farm Animals*. Wiley-Blackwell, New Jersey. str. 172-181.
30. JENNES, R., (1980): Composition and Characteristics of Goat Milk: Review 1968-1979. *Journal of Dairy Science*. 63, 1605-1630.
31. JOZWIK, A., N. STRZALKOWSKA, E. BAGNICKA, Z. LAGODZINSKI, B. PYZEL, W. CHYLINSKI, A. CZAJKOWSKA, W. GRZYBEK, D. SLONIEWSKA, J. KRZYZEWSKI, J. O. HORBANCZUK (2010): The effect of feeding linseed cake on milk yield and milk fatty acid profile in goats. *Animal Science Papers and Reports*. 28, 245-251.
32. KHANDOKER, M., N. AFINI, A. AZWAN (2018): *Bangladesh Journal of Animal Science*. 47, 1-12.
33. KLJAJEVIC, N. V., I. B. TOMASEVIC, Z. N. MILORADOVIC, A. NEDELJKOVIC, J. B. MIOCINOVIC, S. T. JOVANOVIC (2017): Seasonal variations of Saanen goat milk composition and the impact of climatic conditions. *J Food Sci Technol*. 55, 299-303.
34. KOMPAN, D., A. KOMPREJ (2012): The effect of fatty acids in goat milk on health. Milk production – An up-to-date overview of animal nutrition, management and health. *Narongsak Chaiyabutr. InTechOpen*. 1-26.
35. KREŠIĆ, G., M. DUJMOVIĆ, M. MANDIĆ, I. DELAŠ (2013): Relationship between Mediterranean diet and breast milk fatty acid profile: a study in breastfeeding women in Croatia. *Dairy Science Technology*. EDP sciences/Springer. 93, 287-301.
36. LEAT, W. M. F. (1966): Fatty acid composition of the plasma lipids of newborn and maternal ruminants. *Biochem. J*. 98, 598-603.

37. LINDMARK MANSSON, H. (2008): Fatty acids in bovine milk fat. *Food Nutr. Res.* 52, 1821.
38. MAMY K., N. AFINI, A. AZWAN (2018): Productive and reproductive performance of Saanen goat at AZ-Zahra farm of Sandakan in Malaysia. *Bangladesh Journal of Animal Science.* 47, 1-12.
39. MARKIEWICZ-KESZYCKA, M., G. CZYZAK-RUNOWSKA, P. LIPINSKA, J. WOJTOWSKI (2013): Fatty acid profile of milk: a review. *Bull Vet. Inst. Pulawy.* 57, 135-139.
40. MATHER, I. H., T. W. KEENAN (1998): Origin and secretion of milk lipids. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia.* 3, 259-273.
41. MELLADO, M., C. A. MEZA-HERRERA, J. R. AREVALO, M. A. DE SANTIAGO-MIRAMONTES, A. RODRIGUEZ, J. R. LUNA-OROZCO, F. G. VELIZ-DERAS (2011): Relationship between litter birthweight and litter size in five goat genotypes. *Animal Production Science.* 51, 144-149.
42. MIOČ, B., V. PAVIĆ, Z. BARAC, Z. PRPIĆ, I. VNUČEC (2007): Mliječnost nekih pasmina koza u Hrvatskoj. *Mljekarstvo.* 57, 67-77.
43. MIOČ, B., V. PAVIĆ (2002): Privredno-ekonomska važnost koza. U: *Kozarstvo.* (V. Volarić, ur.). Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb. str. 15-21.
44. NOBLE, R. C. (1981): Digestion, absorption and transport of lipids in ruminant animals. U: *Lipid metabolism in ruminant animals.* Pergamon Press Ltd. Oxford. str. 57-93.
45. PULINA, G., M. J. MILAN, M. P. LAVIN, A. THEODORIDIS, E. MORIN, J. CAPOTE, D. L. THOMAS, A. H. D. FRANCESCONI, G. CAJA (2018): Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *J. Dairy Sci.* 101, 6715-6729.
46. RISE, P., S. ELIGINI, S. GHEZZI, S. COLLI, C. GALLI (2007): Fatty acid composition of plasma, blood cells and whole blood: Relevance for the assessment of the fatty acid status in humans. *Prostaglandins, Leukotriens and Essential Fatty Acids.* 76, 363-369.
47. SIMOPOULOS, A. (2008): The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Exp Biol M.* 233, 674-688.
48. SMITH, L. C., H. J. POWNALL, A. M. GOTTO (1978): The plasma lipoproteins: structure and metabolism. *Ann. Rev. Biochem.* 47, 751-777.

49. STILINOVIĆ, Z. (1993): Resorpcija masti: Transport lipida tjelesnim tekućinama životinjskog organizma. U: Fiziologija probave i resorpcije u domaćih životinja. (S. Babić, ur.). Školska knjiga, Zagreb. str. 25-129.
50. STRZALKOWSKA, N., A. JOZWIK, E. BAGNICKA, J. KRZYZEWSKI, K. HORBANCZUK, B. PYZEL, J. O. HORBANCZUK (2009): Chemical composition, physical traits and fatty acid profile of goat milk as related to the stage of lactation. *Animal Science Papers and Reports*. 27, 311-320.
51. TVRZICKA, E., L. S. KREMMYDA, B. STANKOVA, A. ZAK (2011): Fatty acids as biocompounds: their role in human metabolism, health and disease - a review. Part 1: Classification, dietary sources and biological functions. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*. 155, 117-130.
52. VERNON, R.G. (1981): Lipid metabolism in the adipose tissue of ruminant animals. U: Lipid metabolism in ruminant animals. Pergamon Press Ltd. Oxford. str. 279-362.
53. VERRUCK, S., A. DANTAS, E. S. PRUDENCIO (2019): Functionality of the components from goat's milk, recent advances for functional dairy products development and its implications on human health. *Journal of Functional Foods*. 52, 243-257.
54. ZUJOVIC M., S IVANOVIC, Z. STOJANOVIC, S. LILIC (2010): Production, quality and fatty acid composition of milk of Serbian White goat. *Arch Tierz*. 53, 475-483.

8. SAŽETAK

Utjecaj broja jarića i stadija laktacije na masne kiseline mlijeka i seruma koza

Masnokiselinski sastav specifičan je za pojedinu vrstu i tkivo, no podložan je promjenama ovisno o hranidbi i metaboličkim procesima u organizmu. Masnokiselinski sastav mlijeka od iznimnog je značaja za kvalitetu mlijeka, a masne kiseline krvi izvor su otprilike polovine masnih kiselina mlijeka. Cilj ovog rada bio je utvrditi razlike u masnokiselinskom profilu seruma i mlijeka koza s obzirom na broj mladunčadi u leglu i različite faze proizvodnog ciklusa. Istraživanje je provedeno na 30 klinički zdravih koza sanske pasmine. Nakon ekstrakcije ukupnih lipida iz uzoraka seruma i mlijeka, analiza metilnih estera masnih kiselina provedena je plinskom kromatografijom (GC). U mlijeku i serumu koza dominiraju zasićene masne kiseline (SFA) s C16:0 kao najzastupljenijom zasićenom masnom kiselinom, bez obzira na broj mladunčadi i stadij laktacije. Tijekom suhostaja je u serumu utvrđen značajno manji postotak nezasićenih masnih kiselina (UFA) u odnosu na laktacijsko razdoblje ($p < 0,050$), a u mlijeku je u ranoj laktaciji utvrđeno manje jednostrukonezasićenih masnih kiselina (MUFA) u odnosu na kasnu laktaciju. Utvrđene su i razlike u zastupljenosti pojedinih masnih kiselina u serumu i mlijeku tijekom različitih proizvodnih faza. U kasnoj laktaciji u serumu koza s jednim jarićem u leglu utvrđen je veći postotak C16:0 i C18:0 ($p < 0,050$). U mlijeku koza s jednim jarićem u leglu u ranoj laktaciji utvrđeno je manje jednostrukonezasićenih masnih kiselina (MUFA), C18:1c9, C8:0 i više C12:0 ($p < 0,050$). Na osnovi ovakvih rezultata možemo zaključiti da stadij laktacije utječe na masnokiselinski sastav seruma i mlijeka koza te broja jarića utječe na masnokiselinski sastav mlijeka tijekom rane laktacije.

Ključne riječi: sanska koza, serum, mlijeko, masnokiselinski sastav

9. SUMMARY

The effects of litter size and stage of lactation on the fatty acid profile of serum and milk in goat

The fatty acid composition is species and tissue specific, however it is susceptible to change depending on the diet and the metabolic processes inside the organism. The fatty acid composition of milk is of exceptional importance for the quality of milk, and approximately half of the fatty acids in the milk are sourced from the blood. The main focus of this thesis was to determine the differences in the fatty acid profile of goat serum and milk, depending on the brood size and various phases of the production cycle. The research was carried out on 30 clinically healthy Saanen goats. After the extraction of total lipids from the serum and milk samples, the analysis of methyl esters of fatty acids was performed using gas chromatography (GC). Predominating in milk and serum are the saturated fatty acids (SFA), with C16:0 being the most common, regardless of the litter size or the lactation stage. In dry period, a much smaller percentage of serum unsaturated fatty acids (UFA) was determined compared to the lactation period ($p < 0,050$), and in the milk, during the early lactation, there were much less monounsaturated fatty acids (MUFA) than during the late lactation. Some differences were also found in individual fatty acids in the serum and the milk in various production stages. In late lactation, there was a higher percentage of C16:0 and C18:0 ($p < 0,050$) in the serum of goats with one kid. During early lactation in the milk of goats with one kid there were less (MUFA), C18:1c9, C8:0 and more C12:0 ($p < 0,050$). Based on these results, we could conclude that the lactation period affects the fatty acid composition of goat milk and serum. The litter size affects the fatty acid composition of the milk in early lactation.

Keywords: Saanen goat, serum, milk, fatty acid composition

10. ŽIVOTOPIS

Rođena sam 04. siječnja 1995. godine u Zagrebu. Osnovnu školu završila sam također u Zagrebu, nakon koje sam upisala XVI. Gimnaziju u Zagrebu. 2013. godine sam maturirala i iste godine upisala integrirani preddiplomski i diplomski studij veterinarske medicine na Veterinarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom studija sudjelovala sam u izradi 8 znanstvenih studentskih radova, od kojih sam na 3 rada autor. Aktivno sam sudjelovala na znanstveno stručnom skupu s međunarodnim sudjelovanjem Veterinarski dani 2018. godine s oralnom prezentacijom pod naslovom „Antioksidativni sustav jetre pilića vakciniranih protiv Marekove bolesti“, a na 6. Međunarodnom kongresu nutricionista, 2018. godine, aktivno sam sudjelovala s posterom pod naslovom „Fatty acid composition of subcutaneous and abdominal adipose tissue in edible dormouse (*Glis glis*)“. Također, 2015. godine u znanstveno-stručnom časopisu „Veterinarski vjesnik“ objavljen je rad na kojemu sam autor pod naslovom „Features influencing missing dog recovery“. Na osmom međunarodnom kongresu „Veterinarska znanost i struka“ 2019. godine u obliku postera bit će prezentirani radovi pod naslovima: „The effects of zeolites on the formation of pathological rectal lesions in rats“, „The pathological changes in the stomach of rats treated with azoxymethane and zeolites“ i „The influence of zeolite and azoxymethane on the development of pathological lesions in the cecum of rats“. Dobitnica sam Nagrada za izvrstan uspjeh u godini 2015., 2016., 2017. i 2018., Dekanove nagrade 2015. godine i Nagrade Genera d.d. 2018. godine. Od 2015. godine stipendirana sam za izvrsnost od Grada Zagreba, a 2018. godine koristila sam stipendiju Slobodne Države Bavarske za ljetni tečaj njemačkog jezika. 2019. godine odradila sam praksu u trajanju od mjesec dana na Sveučilištu veterinarske medicine u Beču, na Institutu za uzgoj životinja i genetiku.