

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Miroslav KEVIĆ

**PRIMERJAVA VSEBNOSTI MAŠČOBNIH KISLIN V MLEKU IN  
SIRIH**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**COMPARISON OF MILK AND CHEESE FATTY ACID COMPOSITION**

GRADUATION THESIS  
University studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija kmetijstva - zootehniko. Kemijske analize so bile opravljene na Katedri za prehrano Oddelka za zootehniko Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za dodiplomski študij Oddelka za zootehniko je za mentorja diplomske naloge imenovala prof. dr. Andreja Lavrenčiča in za somentorico asist. dr. Alenko Levart.

Recenzentka: doc. dr. Andreja ČANŽEK MAJHENIČ

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Janez SALOBIR  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Član: prof. dr. Andrej LAVRENČIČ  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Članica: asist. dr. Alenka LEVART  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Članica: doc. dr. Andreja ČANŽEK MAJHENIČ  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Miroslav KEVIĆ

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn  
DK UDK 637.1(043.2)=163.6  
KG mleko/mlečni izdelki/siri/sestava/maščobne kisline/Slovenija  
KK AGRIS Q04/9400  
AV KEVIĆ, Miroslav  
SA LAVRENČIČ, Andrej (mentor)/ LEVART, Alenka (somentorica)  
KZ SI-1230 Domžale, Groblje 3  
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko  
LI 2016  
IN PRIMERJAVA VSEBNOSTI MAŠČOBNIH KISLIN V MLEKU IN SIRIH  
TD Diplomsko naloga (univerzitetni študij)  
OP VIII, 49 str., 11 pregl., 18 sl., 44 vir.  
IJ sl  
JI sl/eng  
AI V nalogi smo primerjali maščobnokislinsko sestavo mleka in sirov izdelanih iz tega mleka, z namenom, da bi ugotovili, če lahko napovemo maščobnokislinsko sestavo sirov iz maščobnokislinske sestave mleka. Z metodo primerjave parov smo testirali razlike povprečnih deležev maščobnih kislin (MK), tako da smo od njihovega povprečnega deleža v mleku odšteli njihov povprečni delež v siru. Testirali smo razlike med posameznimi MK kot skupinami MK, nato pa smo razlike v sestavi testirali še glede na način reje (ekološka, konvencionalna) in glede na obrok (poletni, zimski). V raziskavo smo vključili 31 vzorcev kravjega mleka iz enajstih kmetij in petih mlekarn, ter 32 vzorcev sirov, izdelanih iz tega mleka v letu 2005. Vzorci so bili zbrani na območju celotne Slovenije. Siri so se razlikovali po regiji pridelave in tehnologiji izdelave. Testiranje vzorcev z metodo primerjave parov je pokazalo, da so statistično značilne spremembe dogajale tako znotraj posameznih skupin kot pri posameznih skupinah MK. Korelacijski koeficienti posameznih MK in skupinami MK v vzorcih mleka in iz njih izdelanih siri se gibljejo med 0,84 in 0,97. Na podlagi tega lahko zaključimo, da ima največji vpliv na MK sestavo sirov MK sestava mleka in da tehnološki proces nima vpliva na MK sestavo sirov. S podanimi enačbami lahko z veliko natančnostjo napovemo MK sestavo sirov iz MK sestave mleka.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn  
DC UDK 637.1(043.2)=163.6  
CX milk/milk products/cheeses/composition/fatty acids/Slovenia  
CC AGRIS Q04/9400  
AU KEVIĆ, Miroslav  
AA LAVRENČIČ, Andrej (supervisor)/ LEVART, Alenka (co-supervisor)  
PP SI-1230 Domžale, Groblje 3  
PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Animal Science  
PY 2016  
TI COMPARISON OF MILK AND CHEESE FATTY ACID COMPOSITION  
DT Graduation Thesis (University studies)  
NO VIII, 49 p., 11 tab., 18 fig., 44 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB In this work we compared the fatty acid composition of milk and cheeses made from the same milk in order to determine whether we can predict the fatty acid composition of cheeses from the fatty acid composition of milk. The milk – cheese pairs were tested using Paired Comparison method. We tested the differences between individual fatty acids and groups of fatty acids by deducting the average percentage of cheese fatty acids from the average percentage of milk fatty acids. The differences were tested according to the type of farming (organic, conventional) and seasonal variation (summer, winter). In the study we compared 31 samples of cow's milk from eleven dairies and five farms and 32 samples of cheese produced in year 2005. Samples were collected throughout Slovenia. Cheeses varied according to the region of production and manufacturing technology. Testing of differences between samples by the method of Paired Comparison showed statistically significant changes taking place both between individual fatty acids and between the individual groups of fatty acids. The correlation coefficients of each fatty acids and groups of fatty acids in milk samples and associated cheeses range between 0.84 and 0.97. We can conclude that the fatty acids composition of milk has the biggest influence on the fatty acids composition of cheese and that technological process does not affect the fatty acid composition of the cheese. With the given equations we can predict the fatty acids composition of the cheese from the fatty acid composition of milk with great accuracy.

## KAZALO VSEBINE

	KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
	KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
	KAZALO VSEBINE	V
	KAZALO SLIK	VII
	OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	VIII
<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PREGLED OBJAV</b>	<b>3</b>
2.1	MLEKO IN MLEČNI IZDELKI	3
2.2	MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA MLEKA	4
2.2.1	<b>Biosinteza maščobnih kislin (MK)</b>	7
2.2.2	<b>Nasičene maščobne kisline (NMK)</b>	8
2.2.3	<b>Enkrat nenasičene maščobne kisline (ENMK)</b>	8
2.2.4	<b>Večkrat nenasičene maščobne kisline (VNMK)</b>	8
2.2.5	<b>Konjugirana linolna kislina (KLK)</b>	9
2.2.6	<b>Razvejane maščobne kisline (RMK)</b>	10
2.3	DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA MK SESTAVO MLEKA	10
2.3.1	<b>Vpliv sezone in načina reje na MK sestavo mleka</b>	11
2.4	VPLIVI POSTOPKA PREDELAVE MLEKA NA MK SESTAVO SIRA	12
<b>3</b>	<b>MATERIAL IN METODE</b>	<b>14</b>
3.1	MATERIAL	14
3.1.1	<b>Vzorci mleka</b>	15
3.1.2	<b>Vzorci sirov</b>	16
3.2	METODE DELA	16
3.3	STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV	16
<b>4</b>	<b>REZULTATI</b>	<b>17</b>
4.1	MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA MLEKA IN SIROV	17
4.2	PRIMERJAVA PAROV MLEKO - SIR	19
4.3	KORELACIJA MED DELEŽI MK V MLEKU IN SIRIH	23
4.3.1	<b>Korelacija med deleži posameznih MK v mleku in sirih</b>	23
4.3.2	<b>Korelacija med odstotki posameznih skupin MK</b>	32
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI</b>	<b>39</b>
5.1	RAZPRAVA	39
5.2	SKLEPI	43
<b>6</b>	<b>POVZETEK</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>VIRI</b>	<b>46</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Povprečna sestava mleka (Kapš, 2004: 19)	3
Preglednica 2:	Pomembnejše maščobne kisline (Lobb in Chow, 2000: 3)	6
Preglednica 3:	Primerjava MK sestave mleka v različnih evropskih državah	7
Preglednica 4:	Pregled vzorčenj mleka in sirov s podatki o proizvajalcu, reji in vrsti obroka	15
Preglednica 5:	Izvleček osnovnih statističnih parametrov vsebnosti posameznih MK (% skupnih MK) v mleku, prirejenem v Sloveniji (n=31)	17
Preglednica 6:	Izvleček osnovnih statističnih parametrov nekaterih skupin in razmerij MK mleka (% skupnih MK), prirejenega v Sloveniji (n=31)	18
Preglednica 7:	Izvleček osnovnih statističnih parametrov za posamezne MK (% skupnih MK) v vseh analiziranih vzorcih sira (n=32)	18
Preglednica 8:	Izvleček osnovnih statističnih parametrov za skupine MK (% skupnih MK) in razmerje med n-6 in n-3 VNМК v vseh analiziranih vzorcih sira (n=32)	19
Preglednica 9:	Primerjava parov (mleko – sir, % skupnih MK) vseh vzorcev mleka in sirov (n=32)	20
Preglednica 10:	Primerjava parov (mleko – sir, % skupnih MK) glede na način reje	21
Preglednica 11:	Primerjava parov (mleko – sir, % skupnih MK) glede na obrok	22

## KAZALO SLIK

Slika 1:	Primer triglicerida (Bajt in Golc-Teger, 2002: 16)	4
Slika 2:	Možni geometrijski izomeri nenasičenih maščobnih kislin	5
Slika 3:	Primer izomer razvejanih maščobnih kislin s 15 ogljikovimi atomi (Ran-Ressler, 2011: 566)	10
Slika 4:	Korelacija med deležem C12:0 v mleku in sirih	24
Slika 5:	Korelacija med deležem C14:0 v mleku in sirih	25
Slika 6:	Korelacija med deležem C16:0 v mleku in sirih	26
Slika 7:	Korelacija med deležem C18:0 v mleku in sirih	27
Slika 8:	Korelacija med deležem C18:1 v mleku in sirih	28
Slika 9:	Korelacija med deležem 18:2 n-6 v mleku in sirih	29
Slika 10:	Korelacija med deležem C18:3 n-3 v mleku in sirih	30
Slika 11:	Korelacija med deležem KLK v mleku in sirih	31
Slika 12:	Korelacija med deležem NMK v mleku in sirih	32
Slika 13:	Korelacija med deležem ENMK v mleku in sirih	33
Slika 14:	Korelacija med deležem VNMK v mleku in sirih	34
Slika 15:	Korelacija med deležem RMK v mleku in sirih	35
Slika 16:	Korelacija med deležem n-3 VNMK v mleku in sirih	36
Slika 17:	Korelacija med deležem n-6 VNMK v mleku in sirih	37
Slika 18:	Korelacija med razmerjema n-3 in n-6 NMK v mleku in sirih	38

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

MK/FA	maščobna kislina/fatty acid
NMK/SFA	nasičene maščobne kisline/saturated fatty acid
ENMK/MUFA	enkrat nenasičene maščobne kisline/monounsaturated fatty acid
VNMK/PUFA	večkrat nenasičene maščobne kisline/polyunsaturated fatty acid
KLK/CLA	konjugirana linolna kislina/conjugated linoleic acid
RMK/BCFA	razvejane maščobne kisline/branched chain fatty acids
MAX	največ/maximum
MIN	najmanj/minimum
n	število vzorčenj
STD	standardni odklon/standard deviation
KV	koeficient variabilnosti
LDL	lipoproteini z nizko gostoto /low-density lipoprotein
HDL	lipoproteini z visoko gostoto /high-density lipoprotein



## 1 UVOD

Na svetu se približno 150 milijonov gospodinjstev ukvarja s prirejo mleka. Prireja mleka je v zadnjih tridesetih letih narastla za več kot 50 % iz 482 milijonov ton leta 1982 na 754 milijonov ton leta 2012. Mleko ima pomembno vlogo v življenju pridelovalcev, saj poleg hranilne vrednosti predstavlja tudi hiter zaslužek predvsem za manjše pridelovalce (Milk ..., 2016). Na območju Sredozemlja je močna tradicija pridelave mleka in mlečnih izdelkov. Prvi dokazi o sirarstvu denimo segajo v 7. stoletje pred našim štetjem. S predelavo mleka v sire smo mleku predvsem podaljšali obstojnost. Na našem območju sire izdelujemo iz kravjega, kozjega in ovčjega mleka ali kot kombinacije med temi vrstami mleka.

V Sloveniji smo v letu 2011 porabili za prehrano 219 kg mleka na prebivalca (Mleko ..., 2016). Z mlekom zaužijemo beljakovine, maščobe, vitamine in minerale. Predvsem vnos maščob je pomemben, saj predstavlja vnos mlečnih maščob velik delež zaužitih skupnih maščob in zaradi že dobro dokumentiranega vpliva maščob na zdravje ljudi. V mleku je veliko različnih maščobnih kislin (MK), zdravju so škodljive predvsem nasičene MK, vendar so tu še tudi esencialne MK, ki jih človek ne more sintetizirati in imajo ugodne učinke na zdravje. Poleg esencialnih linolne (C18:2 n-6) in linolenske (C18:3 n-3) MK sta v mleku pomembni še konjugirana linolna kislina (KLK) in maslena kislina (C4:0), ki imata antikancerogeno delovanje ter druge pozitivne učinke na zdravje ljudi (Pereira, 2014). Na maščobnokislinsko sestavo mleka vplivajo številni dejavniki, kot so prehrana molznic, sezona (poletna, zimska) in način prireje (ekološki, konvencionalni), okoljski in genetski dejavniki. Določene države Evropske unije spodbujajo pridelovanje mleka in mlečnih izdelkov z višjo vsebnostjo VNMK.

Raznovrstnost sirov je predvsem zanimiva zaradi raznovrstnosti tehnologij, ki se uporabljajo in posledic, ki jih imajo na lastnosti sirov. Sestava sirov je v veliki meri odvisna od sestave mleka. Proces pretvorbe mleka v sir lahko spremeni sestavo sirov in s tem spremeni hranilno vrednost sirov. Med zorenjem sirov potekajo procesi, s katerimi se še dodatno spremenita sestava in okus sirov.

Za izdelavo sira uporabimo surovo ali termično obdelano mleko, ki mu pri temperaturi usirjenja dodamo sirišče in kulturo ter pustimo, da mleko koagulira. Nadaljnji potek je

odvisen od vrste sira, ki ga izdelujemo, s tem mislimo predvsem na posamezne korake faz ki sledijo in so pedsirjenje ter dosirjenje, ločevanje sirotke od sirnega zrna, oblikovanje in stiskanja ter soljenje in zorenje. V celotnem procesu je več faktorjev, ki lahko vplivajo na MK sestavo sirov. Nenasičene MK lahko oksidirajo, lahko jih spremenijo mikroorganizmi, hlapne MK lahko izhlapijo, zaradi delovanja lipolitičnih encimov se sproščajo MK iz trigliceridov.

Sirarju bi podatek o MK sestavi mleka pomagal pri napovedovanju MK sestave sirov in s tem pripomogel pri trženju sirov z večjim deležem n-3 MK ali KKK (CLA). Po drugi strani bi se lahko tudi odločil ne uporabiti določenega mleka, ker vsebuje, denimo, veliko nasičenih MK, ki prispevajo k nižji prehranski vrednosti sirov. Analiza vzorca mleka ali sira predstavlja nenazadnje velik strošek. Z možnostjo napovedovanja MK sestave sirov iz MK sestave mleka, ne bi bilo potrebno opraviti še MK analize sirov. Tako bi se lahko znižal strošek analiz.

Namen diplomskega dela je ugotoviti, v kolikšni meri se MK sestava mleka ohrani v sirih in kako se le-ta spreminja v odvisnosti od načina reje ter sezone pridelave mleka.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 MLEKO IN MLEČNI IZDELKI

S pridobivanjem mleka so se ukvarjala ljudstva na bližnjem vzhodu že v kameni dobi (Kapš, 2004). Tako kot prireja mleka ima tudi izdelava sira več tisočletno zgodovino, saj se je mleko skisalo in dobljena masa je bila predhodnica skute. Z zorenjem omenjene mase so nastali predhodniki sirov. V takšni obliki se je mleku predvsem podaljšala trajnost (Bajt in Golc-Teger, 2002). Danes siri predstavljajo v zahodnem svetu velik delež skupne porabe mleka (Lucas in sod., 2005). Po podatkih ministrstva za kmetijstvo in okolje (Mleko ... , 2016) smo v Sloveniji, ki ima 120 % samooskrbo z mlekom, v letu 2011 porabili za prehrano 219 kg mleka na prebivalca.

Bogataj (1999) navaja, da so v preteklosti mleko in mlečne izdelke uporabljali za zdravljenje, bili so predmet kupčevanja, trgovine in tudi družbenega prestiža ali ekonomske uspešnosti posameznih družin, pastirskih in vaških skupnosti. Po podatkih FAO (Milk ... , 2016) se danes na svetu ukvarja s prirejo mleka približno 150 milijonov gospodinjstev. Za gospodinjstva predstavlja prirejo mleka ne le vir hrane, temveč tudi vir zaslužka. Predvsem v razvijajočih se državah pomeni izdelava sirov malim pridelovalcem pomemben vir zaslužka.

Preglednica 1: Povprečna sestava mleka (Kapš, 2004: 19)

Sestavina	%
Beljakovine	3,3
Maščobe	3,6 - 4,2
Sladkor (laktoza)	4,7
Mineralne snovi	0,7
Voda	87

Mleko uvrščamo med osnovne skupine živil, ki naj bi jih človek zaužil v vsakdanji zdravi prehrani. V mleku je več kot 90 različnih sestavin (Bajt in Golc-Teger, 2002) (preglednica 1), med katere spadajo beljakovine z visoko biološko vrednostjo, tako v vodi kot v maščobi topni vitamini, rudninske snovi (zlasti je pomemben vir kalcija) ter maščoba (Kapš, 2004). Obstoj povezave med hrano in človeškim zdravjem raziskujemo že vrsto let. Tveganje za razvoj bolezni, povezanih s hrano, je predvsem odvisno od makro in mikro hranil, iz katerih je živilo sestavljeno (Lucas in sod., 2005). Visoko tveganje v človeški prehrani predstavlja

prevelik delež maščob, predvsem takih, ki imajo neugodno MK sestavo (nasičene MK) v prehrani, saj povečujejo možnost nastanka debelosti ter bolezni srca in ožilja (Murphy in sod., 2013).

## 2.2 MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA MLEKA

Večino lipidov (97 do 98 %) v mleku predstavljajo trigliceridi, po vsebnosti jim sledijo steroli (večinoma holesterol) in fosfolipidi (Jensen, 2000). Trigliceridi (slika 1) so zgrajeni iz glicerola in največ treh maščobnih kislin (Bajt in Golc-Teger, 2002). To so estri maščobnih kislin in sorodnih snovi, ki so topni v organskih topilih in niso topni v vodi (Kapš, 2004). Maščoba je tista, ki da mleku okus in aromo ter vpliva na konsistenco mlečnih izdelkov (Bajt in Golc-Teger, 2002: 16).

G	maščobna kislina	G	maslena kislina
L		L	
I		I	
C	maščobna kislina	C	stearinska kislina
E		E	
R		R	
O		O	
L	maščobna kislina	L	oleinska kislina

Slika 1: Primer triglicerida (Bajt in Golc-Teger, 2002: 16)

Trigliceridi v mleku so sestavljeni iz več kot 400 različnih MK, kar uvršča mlečno maščobo med najkompleksnejše v naravi prisotne maščobe. Kljub raznovrstnosti MK jih le 15 preseže 1 %. Ostale so prisotne le v sledovih (Parodi, 2004). Pereira (2014) navaja, da sta količina in sestava maščobnih kislin v mleku odvisna od genetskih dejavnikov, zaporedne laktacije, stadija laktacije, mastitisa, fermentacije v vampu in dejavnikov povezanih s krmo, kjer ima prav krma največji vpliv na sestavo mlečnih MK.

V povprečju predstavljajo nasičene MK 70 %, nenasičene pa 30 % vseh MK v mleku. Nasičene MK ločimo od nenasičenih po številu dvojnih vezi. Nasičene MK v svoji alkilni verigi ne vsebujejo dvojnih vezi. Nenasičene MK lahko vsebujejo eno, dve, tri ali več dvojnih vezi (Kapš, 2004) in glede na to, kako si le-te sledijo, jih delimo na konjugirane in nekonjugirane. Pri konjugiranih MK so pari ogljikovih atomov z dvojnimi vezmi ločeni med

seboj z enojnimi vezmi ( $-C=C-C=C-$ ). Pri nekonjugiranih je lahko med posameznimi pari C atomov tudi več enojnih vezi ( $-C=C-C-$ ) (Lobb in Chow, 2000).

MK lahko imajo tudi različne geometrijske izomere in sicer so lahko v cis ali trans konfiguraciji (Kapš, 2004).



Slika 2: Možni geometrijski izomeri nenasičenih maščobnih kislin

Glede na dolžino verige delimo maščobne kisline na kratkoverižne C2 do C6 (maslena C4:0, kaprojska C6:0), srednjeverižne C7 do C12 (kaprilska C8:0, kaprinska C10:0 in lavrinska C12:0), dolgoverižne, ki imajo C12 in več C-atomov (miristinska C14:0, palmitinska C16:0, stearinska C18:0, oleinska C18:1 n-9, linolna C18:2 n-6 in linolenska kislina C18:3 n-3) ter zelo dolgoverižne z C22 in več C atomov (Academy ... , 2014).

Preglednica 2 prikazuje maščobne kisline z njihovimi trivialnimi in IUPAC imeni ter skrajšanim zapisom (oznako).

Preglednica 2: Pomembnejše maščobne kisline (Lobb in Chow, 2000: 3)

<b>Nasičene maščobne kisline</b>		
Trivialno ime	Kratka oznaka	ime (IUPAC)
Maslena kislina	C4:0	Butanojska kislina
Kaprnska kislina	C6:0	Heksanojska kislina
Kaprilna kislina	C8:0	Oktanojska kislina
Kaprinska kislina	C10:0	Dekanojska kislina
Lavrinska kislina	C12:0	Dodekanojska kislina
Miristinska kislina	C14:0	Tetradekanojska kislina
Palmitinska kislina	C16:0	Heksadekanojska kislina
Margarinska kislina	C17:0	Heptadekanojska kislina
Stearinska kislina	C18:0	Oktadekanojska kislina
Arašidna kislina	C20:0	Eikozanojska kislina
<b>Nenasičene maščobne kisline</b>		
Palmitoleinska kislina	C16:1 n-7	9-heksadecenojska kislina
Vakcenska kislina	C18:1 n-7	trans-11-oktadecenojska kislina
Oleinska kislina	C18:1 n-9	cis-9-oktadecenojska kislina
Linolna kislina	C18:2 n-6	9,12-oktadekadienojska kislina
Gama-linolenska kislina	C18:3 n-6	6,9,12-oktadekatrienojska kislina
Alfa-linolenska kislina	C18:3 n-3	9,12,15-oktadekatrienojska kislina
Stearidonska kislina	C18:4 n-3	6,9,12,15,-oktadekatetraenojska kislina
Meadova kislina	C20:3 n-9	5,8,11-eikozatrienojska kislina
Arahidonska kislina	C20:4 n-6	5,8,11,14-eikozatetraenojska kislina
Adrenska kislina	C22:4 n-6	7,10,13,16-dokozatetraenojska kislina
Eikozapentaenojska kislina	C20:5 n-3	5,8,11,14,17-eicosapentaenojska kislina
Dokozaheksaenojska kislina	C22:6 n-3	4,7,10,13,16,19-dokozaheksaenojska kislina

V preglednici 3 je prikazana primerjava maščobnokislinske sestave mleka v različnih Evropskih državah.

Preglednica 3: Primerjava MK sestave mleka v različnih evropskih državah

Maščobne kisline (g 100 g <sup>-1</sup> )	Poljska <sup>a</sup>	Nemčija <sup>b</sup>	Francija <sup>c</sup>	Slovenija <sup>d</sup>
C4:0	2,9	4,1	3,7	
C6:0	2,0	2,4	2,3	
C8:0	1,4	1,3	1,4	
C10:0	3,0	2,9	3,0	
C12:0	3,6	3,6	3,4	3,8
C14:0	10,9	11,1	11,6	13,14
C16:0	28,7	28,6	29,0	36,7
C18:0	11,2	9,5	9,5	10,0
C18:1 n-9	22,4	27,5	21,1	25,8
C18:2 n-6	2,6	1,2	1,6	2,1
cis-9, trans-11 C18:2; KLK	0,6		0,77	
C18:3 n-3	0,5	0,7	0,7	0,8
n-6 VNMK	2,8			
n-3 VNMK	0,6			
NMK	68,7	64,4	68,2	64,9
ENMK	27,4	29,5	27,0	28,4
VNMK	4,1	1,9	3,9	2,9
n-6/n-3	6,0			

<sup>a</sup> Markiewicz-Kęszycka in sod., 2013: 137;

<sup>b</sup> Precht in Molquentin, 1997: 25;

<sup>c</sup> Lucas in sod., 2005: 27;

<sup>d</sup> Stibilj in Koman-Rajšp, 1997: 193.

## 2.2.1 Biosinteza maščobnih kislin

Sinteza maščob v mlečni žlezi poteka v enakem razmerju iz dveh virov maščobnih kislin. Prvi je *de novo* sinteza MK od C4:0 do C14:0 in del C16:0. Vhodni spojini za *de novo* sintezo sta acetat in 3-OH-butirat. Acetat in maslena kislina, ki se pri absorpciji skozi vampni epitelij pretvori v 3-OH-butirat, sta produkta fermentacije v vampu. Drugi vir ostalega dela C16:0 in dolgoverižnih MK so lipoproteini v krvi, ki so produkt presnove živali. Natančneje so to večinoma hilomikroni in LDL, katere hidrolizira lipoproteinska lipaza v mlečni žlezi (Hawke in Taylor, 1994).

Trigliceridi se v mlečni žlezi sintetizirajo po presnovni poti sn-glicerol-3-fosfata. Sn-glicerol-3-fosfat nastane z delovanjem encima glicerol kinaze na glicerol. Glicerol se sprost pretežno pri lipolizi plazemskega triacilglicerola, preostanek se sintetizira iz glukoze. V presnovni poti sn-glicerol-3-fosfata mikrosomalne acil transferaze postopoma esterificirajo maščobne kisline na položaja sn-1 in sn-2 sn-glicerol-3-fosfata. Encim fosfataza v

naslednjem koraku odstrani fosfatno skupino na poziciji sn-3, pri čemer nastane sn-1,2-diacilglicerol. V zadnjem koraku sekvence, ki jo katalizirajo mikrosomalne acil transferaze, poteka esterifikacija sn-3 in tako nastane triacilglicerol. Maščobne kisline se ne esterificirajo naključno na tri pozicije molekule glicerola. Kratkoverižne MK se esterificirajo na pozicijo sn-3, srednjeverižne na pozicijo sn-2, medtem ko se dolgoverižne na sn-1 in sn-2 (Parodi, 2004).

### **2.2.2 Nasičene maščobne kisline (NMK)**

Nasičene MK (NMK) veljajo za zdravju škodljive, saj jih povezujemo s pojavom srčno žilnih obolenj, ateroskleroze in drugih obolenj. NMK predstavljajo 70 % vseh maščobnih kislin v mleku. Znotraj NMK prevladuje palmitinska kislina s 30 % v skupnih maščobnih kislinah, sledita ji stearinska kislina z 12 % in miristinska kislina z 11 %. Druge MK, med katerimi je maslena kislina (4,4 %), predstavljajo ostalih 17 % (Pereira, 2014). Maslena kislina je pomembna za zdravje prebavil.

### **2.2.3 Enkrat nenasičene maščobne kisline (ENMK)**

Enkrat nenasičene maščobne kisline (ENMK) imajo pozitiven učinek na »dobri« holesterol (HDL). Predstavljajo 20 do 35 % vseh maščob v mleku. Znotraj skupine ENMK prevladuje oleinska kislina (C18:1 n-9), ki predstavlja 90 % vseh ENMK (Markiewicz-Kęszycka in sod., 2013). Poleg oleinske kisline je v tej skupini pomembna tudi trans vakuenska kislina. Za trans MK je značilno, da povečujejo tveganje za nastanek srčno žilnih bolezni (Levart in sod., 2003), vendar je vakuenska kislina pomembna, ker se v tkivih živali desaturira v c-9, t-11 KLK (Corl in sod., 2001, cit. po Levart in sod., 2003; Lock in Garnsworthy, 2002).

### **2.2.4 Večkrat nenasičene maščobne kisline (VNMK)**

MK lahko glede na položaj dvojnih vezi razdelimo na dve skupini MK, na n-3 in n-6 MK. Med večkrat nenasičene MK spadata esencialni linolna in linolenska MK, ki jih telo samo ne more sintetizirati. Poleg omenjenih sta pomembni še dve n-3 dolgoverižni MK in sicer eikozapentaenojska (C20:5 n-3) in dokozaheksaenojska kislina (C22:6 n-3) (Ellis in sod., 2006).

Za človeško prehrano je pomembno razmerje med n-6 in n-3 MK. Včasih je le-to znašalo 1:1, v literaturi pa se omenja razmerje med n-6 in n-3 5:1 kot idealno razmerje. V zahodnem



svetu zaužijemo premalo n-3 MK in posledično je razmerje med n-6 in n-3 neugodno (10:1) (Ellis in sod., 2006). Bolezni, ki jih povezujemo s porušenim razmerjem med n-6 in n-3, so bolezni srca in ožilja, avtoimunske motnje (lupus), crohnova bolezen, rak, povišan krvni tlak in revmatoidni artritis (Connor, 2000).

Večkrat nenasičene maščobne kisline (VNMK) povezujemo s kopico že dobro dokumentiranih pozitivnih učinkov na zdravje ljudi. V mleku predstavljajo le 3 % vseh maščobnih kislin in znotraj te skupine predstavljata esencialni maščobni kislini linolna in  $\alpha$ -linolenska večino z 1,6 % in 0,7 % (Pereira, 2014).

### 2.2.5 Konjugirana linolna kislina (KLK)

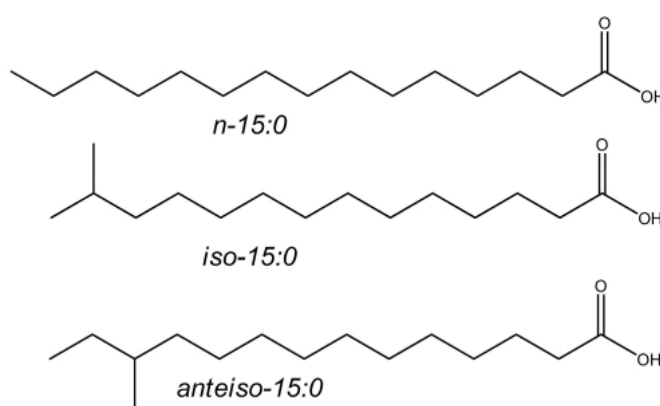
Konjugirana linolna kislina je skupek izomer linolne kisline s konjugiranimi dvojnimi vezmi, katerih glavni vir so mleko in mlečni izdelki prežvekovalcev (Nudda in sod., 2005). Vse od odkritja njenega antikancerogenega delovanja pred četrto stoletja je konjugirana linolna kislina v zadnjih letih najbolj raziskana in najpomembnejša konjugirana MK (Bisig in sod., 2007). Kot pomembnejši vir KLK se v literaturi omenjajo prav siri. Pripisujejo ji antikancerogeno in antiaterogeno delovanje, preprečuje srčno žilna obolenja, znižuje krvni tlak, zmanjšuje preobčutljivost imunskega sistema ... (Lin in sod., 1999). Glavnina KLK v mlečni maščobi se tvori v mlečni žlezi iz vakkenske kisline kot posledica delovanja encima  $\Delta^9$  desaturaza (Khanal in Dhiman, 2004). Pri prežvekovalcih se poleg v mlečni žlezi tvori KLK tudi v vampu, kjer se le-ta tvori pri nepopolni biohidrogenaciji linolne kisline ob pomoči *Butyrivibrio fibrisolvens* (Sieber in sod., 2004).

Teoretično bi se lahko linolna MK spremenila v 24 izomer konjugirane kisline in vsaka od teh izomer lahko obstaja v cis/trans, trans/cis, cis/cis in trans/trans konfiguraciji (Jahreis in sod., 1999). Od vseh zgoraj možnih izomer sta biološko najbolj aktivni C18:2 cis-9, trans-11, ki predstavlja 80 do 90 % skupne KLK in C18:2 trans-10, cis-12 (Sieber in sod., 2004; Khanal in Dhiman, 2004).

Na vsebnost KLK v mleku najbolj vpliva prehrana. Živali na paši imajo neprimerno več KLK v mleku kot živali, ki jih krmimo s konzervirano krmo v hlevu. V manjši meri vplivajo še starost živali, sestava krme, pasma živali in morebitni dodatki olj v obrok (Michalski in sod., 2005).

### 2.2.6 Razvejane maščobne kisline (RMK)

Razvejane MK (RMK) nastanejo kot posledica *de novo* sinteze MK mikroorganizmov v vampu. Njihova vsebnost v mleku je nižja od 2 %. Pomembnejše RMK so *iso*-C14:0, *iso*-C15:0, *anteiso*-C15:0, *iso*-C16:0, *iso*-C17:0 in *anteiso*-C17:0. Zanimanje za RMK se povečuje, saj bi lahko s pomočjo določanja RMK ugotavljali učinkovitost mikrobnega delovanja vampa. Poleg tega imajo antikancerogeno delovanje in vplivajo na tališče mlečne maščobe (Vlaeminck in sod., 2006).



Slika 3: Primer izomer razvejanih maščobnih kislin s 15 ogljikovimi atomi (Ran-Ressler, 2011: 566)

### 2.3 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA MK SESTAVO MLEKA

Med vsemi dejavniki, ki vplivajo na vsebnost maščob v mleku, imata največji vpliv sestava obroka in krmljenje molznic. Ostali dejavniki, ki imajo manjši vpliv, so način molže, zaporedna laktacija, stadij laktacije, klimatski pogoji, letni čas ter genetski dejavniki (Žgajnar, 1990).

V Sloveniji je najbolj razširjena konvencionalna reja živali. Pri takšnem načinu reje ni pravil glede krme in krmljenja, kot so denimo pri ekološkem načinu reje. V letu 2005 so veljala določila, da je potrebno krmo pri ekološkem načinu reje pridelati na domači ekološki kmetiji. Sicer je še vedno bilo dopustno, da obrok na žival lahko vsebuje do 25 % suhe snovi krme, pridelane na konvencionalni način v določenem krajšem obdobju (npr. začetek laktacije), vendar ne smel preseči 10 % na letni ravni (Repič in sod., 2005).

Tako pri ekološkem kot konvencionalnem kmetovanju je zimski obrok bil sestavljen iz travne ali/in koruzne silaže in mrve, le da je morala biti v ekološki reji krma pridelana na lastni kmetiji. Obrok je bilo možno dopolnjevati z mešanico mletih žit, ki so prav tako morali biti pridelani doma (Bavec in sod., 2001). Pri konvencionalni reji je skozi celo leto dovoljena uporaba močnih krmil.

Sicer je uporaba travne silaže na ekoloških kmetijah dovoljena čez celo leto, vendar je potrebno dodajanje v obrok prekiniti za vsaj dva meseca v poletnem obdobju. Takrat vključimo v obrok svežo krmo bodisi tako, da gredo živali na pašo ali jim krmimo sveže košeno travo. Poletni obrok lahko dopolnjevamo z doma pridelanim mletim žitom in namenski mineralno-vitaminski mešanicami za ekološko rejo. Proti koncu pašne sezone je potrebno vključiti v obrok še silažo (Bavec in sod., 2001).

### **2.3.1 Vpliv sezone in načina reje na MK sestavo mleka**

Sezoni v prehrani molznic sta poletna in zimska. Razlika med sezonama je v krmi, saj poletna bazira na sveži travi, medtem ko zimska na silaži ob dodatku močnih krmil. Zimska se prične, ko prenehamo krmiti svežo krmo in lahko traja različno dolgo, odvisno od kraja, nadmorske višine in organizacije prehrane na kmetiji (Žgajnar, 1990).

Za mleko krav, ki so na paši, so značilne povišane vsebnosti VNMK, RMK in NMK. Znotraj skupine VNMK sta najbolj značilni povišanji deleža C18:3 n-3 in KLK. Značilno je tudi povišanje trans-11 C18:1. V raziskavi Elgersma in sod. (2006), v kateri so spremljali spreminjanje MK sestave pri prehodu iz hleva na pašnik so ugotovili, da se že po petih dneh vidijo razlike v vsebnosti KLK v mleku. Delež KLK v mleku se pri prehodu na pašo poveča, pri prehodu nazaj v hlev pa se zniža. To velja tudi za skupno količino VNMK v mleku.

Krave, krmljene z mrvo, proizvajajo mleko bogato s C18:3 n-3, vendar z nižjo vsebnostjo KLK primerjavi s pašo (Coppa in sod. 2015). Avtorji poročajo, da ima takšno mleko nižjo vsebnost beljakovin in maščob ter da imajo krave manjšo mlečnost. Ob dodatku močnih krmil mrva nima več negativnega vpliva na mlečnost in vsebnost beljakovin ter maščob. Pri dodajanju močnih krmil v krmo molznic se poleg  $\alpha$ -linolenske kisline poveča tudi vsebnost linolne kisline (Shingfield in sod., 2005, cit. po Pirman in sod., 2016). Mleko krav, krmljenih

s tipičnim obrokom s koruzno silažo in močnimi krmili ima višjo vsebnost NMK in C18:2 n-6 ter nižjo vsebnost C18:3 n-3 in KLK (Coppa in sod., 2015).

#### 2.4 VPLIVI POSTOPKA PREDELAVE MLEKA NA MK SESTAVO SIRA

Ne glede na številne različne vrste in različice sira, ostaja osnovni postopek enak; odbira in priprava mleka, usirjenje mleka, obdelava koaguluma, obdelava sirnega zrna, stiskanje, soljenje in zorenje (Bajt in Golc-Teger, 2002). V tem procesu lahko na MK sestavo vplivata toplotna obdelava in fermentacija ali se zgodijo spremembe zaradi delovanja lipaz med zorenjem sira. Slanovec (1982) navaja, da na mlečno maščobo vpliva več dejavnikov. Začne se že pri ravnanju z mlekom, saj pogosto prečrpavanje mleka lahko poškoduje opne maščobnih kroglic in postane maščoba bolj izpostavljena delovanju lipaz. Lipaze so encimi, ki razgradijo trigliceride na glicerol in posamezne maščobne kisline (Bajt in Golc-Teger, 2002). Ne glede na vrsto sira so maščobe izpostavljene delovanju lipaz. Pri mehkih sirih se denimo pri sekundarnem zorenju, kot posledica delovanja lipaz plesni, tvorijo predvsem proste MK. V trdih in poltrdih sirih pa je delovanje lipaz pri primarnem zorenju posledica neustreznih procesov sirjenja. Toplotna obdelava mleka, kot en od možnih vplivov na MK sestavo sirov, naj bi le delno spremenila lastnosti maščobe (Slanovec, 1982).

Pri zorenju sirov poteka lipoliza. Obseg lipolize je odvisen od trajanja zorenja. Pri sirih, ki so zoreli 60 dni, ni bilo statistično značilnih sprememb v MK sestavi z izjemo vsebnosti C4:0. Statistično značilne spremembe so bile le pri trdih italijanskih sirih in tistih s plemenito plesnijo (Collins in sod., 2003).

Dave in sod. (2002) navajajo, da različni avtorji navajajo dokaj nasprotujoče rezultate vpliva tehnološkega procesa izdelave sirov na MK sestavo sirov. V njihovem poskusu temperatura ni imela vpliva na vsebnost KLK, skupnih n-3 MK in *trans* vakuenske kisline. Rezultate raziskave so potrdili tudi Lin in sod. (1999) in Lucas in sod. (2005). Slednji še navajajo, da je na MK sestavo sirov statistično značilno vplivala le MK sestava mleka in da celotni tehnološki postopek izdelave sira nima vpliva na MK sestavo. Lin in sod. (1999) so sicer ugotovili spremembo vsebnosti KLK med zorenjem sira, pri kateri je KLK dosegla najvišjo vsebnost po treh mesecih zorenja, vendar so bile razlike minimalne. Kasneje je delež KLK upadel na prvotno vrednost. Herzallah in sod. (2005) so opravili več testov z različnimi

načini termične obdelave. Poleg tega so pasterizirali mleko pri različnih temperaturah. Pasterizacija ni imela vpliva ne na KLK ne na skupne MK. Statistično značilne spremembe so bile le pri proučevanju vpliva termične obdelave mleka v mikrovalovni pečici. Deset minutna termična obdelava mleka v mikrovalovni pečici je povzročila 50 % znižanje vsebnosti KLK v siru.

Bisig in sod. (2007) ugotavljajo, da bi določene starterske kulture lahko spremenile linolno kislino v KLK. Vendar te spremembe niso bile statistično značilne. Bile so statistično značilne le za vzorce jogurta in da bi se te spremembe zgodile, je bilo potrebno jogurtu dodati prosto linolno kislino ali olje in encim lipazo. Prav tako Bonanno in sod. (2013) ugotavljajo, da mikrobno delovanje v tehnološkem procesu nima značilnega vpliva na MK sestavo.

### 3 MATERIAL IN METODE

#### 3.1 MATERIAL

V raziskavo smo vključili 31 vzorcev kravjega mleka z enajstih kmetij in petih mlekar, ter 32 vzorcev sirov, izdelanih iz vzorcev mleka leta 2005. Vzorci so bili zbrani na območju Gorenjske, Goriške, Dolenjske, Podravske in Osrednjeslovenske regije. Mleko iz mlekar je bilo prirejeno na konvencionalen način (KONV; n=5), medtem ko so se kmetije razlikovale po načinu reje na ekološke (EKO; n=4) in konvencionalne (KONV; n=7). Vzorce smo nadalje razdelili na mleko in na iz njih izdelane sire molznic, krmljenih s poletnim (POL; n=16) ter zimskim obrokom (ZIM; n=15). Siri so se razlikovali po regiji in tehnologiji izdelave. Na kmetijah se večinoma izdelujejo lokalni siri kot npr. na Goriškem Tolminc. V mlekarah prevladujejo tuje bolj popularne vrste sirov kot sta ementalski sir in gavda.

Poletni obrok v ekološki reji je temeljil predvsem na paši, medtem ko pri konvencionalni reji paše poleti ni bilo ali pa je predstavljala le del osnovnega obroka, medtem ko so glavino predstavljali travna in koruzna silaža ter mrva. Osnovni zimski obrok v ekološki reji je bil sestavljen iz sena ali travne silaže, medtem ko so v konvencionalni reji uporabljali tudi koruzno silažo (Železnikar, 2007).

Preglednica 4: Pregled vzorčenj mleka in sirov s podatki o proizvajalcu, reji in vrsti obroka

Proizvajalec	Reja	Regija	Obrok	Mleko	Sir	št. dni*
Bizant Mirko	KONV	Osrednja	ZIM	13.3.2005	18.5.2005	66
			POL	20.7.2005	26.9.2005	68
Paternoster	KONV	Osrednja	ZIM	15.3.2005	18.5.2005	64
			POL	26.7.2005	28.9.2005	64
Frešer Vlado	KONV	Osrednja	ZIM	12.3.2005	19.4.2005	38
			POL	23.7.2005	26.9.2005	65
Hecl	KONV	Osrednja	ZIM	12.3.2005	19.4.2005	38
			POL	23.7.2005	26.9.2005	65
Bogataj	KONV	Osrednja	ZIM	14.3.2005	19.4.2005	36
			POL	5.8.2005	7.9.2005	33
Mlekarna Kočevje jošt	KONV	Osrednja	ZIM	1.4.2005	26.4.2005	25
			POL	22.7.2005	29.8.2005	38
Mlekarna Vipava nanoški	KONV	Primorska	ZIM	14.4.2005	26.5.2005	42
			POL	4.8.2005	7.10.2005	64
Mlekarna Kobarid tolminc	KONV	Primorska	ZIM	14.4.2005	6.6.2005	53
			POL	5.8.2005	7.10.2005	63
Kavčič Bojan tolminc	KONV	Primorska	ZIM	16.3.2005	6.6.2005	82
			POL	5.8.2005	7.10.2005	63
Pustotnik	KONV	Osrednja	ZIM	14.3.2005	6.6.2005	84
			POL	5.8.2005	7.9.2005	33
Bončina Marija tolminc	EKO	Primorska	ZIM	16.3.2005	6.6.2005	82
			POL	28.8.2005	7.10.2005	40
Mlekarna Ljutomer zbrinc	KONV	Štajerska	ZIM	1.4.2005	7.5.2005	36
			POL	22.7.2005	24.10.2005	94
Mlekarna Ljutomer emental	KONV	Štajerska	ZIM	1.4.2005	13.6.2005	73
			POL	22.7.2005	26.9.2005	66
Mlekarna Kočevje gaudar	KONV	Osrednja	ZIM	1.4.2005	26.4.2005	25
SBŠ Kranj	KONV	Osrednja	ZIM	15.3.2005	18.5.2005	64
Mlekarna Vipava oliver	KONV	Primorska	ZIM	18.3.2005	26.5.2005	69
planina Laz	EKO	Osrednja	POL	28.7.2005	29.8.2005	32
planina Krstenica	EKO	Osrednja	POL	28.7.2005	29.8.2005	32
planina Zapikraj	EKO	Osrednja	POL	29.8.2005	7.10.2005	39

\*Opomba: število dni med odvzemom vzorca mleka in vzorca sira, izdelanega iz tega mleka

### 3.1.1 Vzorci mleka

Vzorčenje mleka krav, krmljenih z zimskim obrokom (ZIM), je potekalo od 12.3.2005 do 14.4.2005. Odvzetih je bilo 14 vzorcev mleka s kmetij in mlekarn s konvencionalnim načinom reje ter en vzorec iz ekološke kmetije (Čadrg). Od 20.7. 2005 do 29.8.2005 pa je potekalo vzorčenje mleka krav, krmljenih s poletnim obrokom (POL). S kmetij in mlekarn s konvencionalnim načinom reje je bilo odvzetih 12 vzorcev ter 4 vzorce z ekoloških kmetij (Čadrg, Laz, Krstenica in Zapikraj).

### 3.1.2 Vzorci sirov

Siri, izdelani v zimski sezoni, so v povprečju zoreli 55 dni, siri, izdelani v poletni sezoni pa 54 dni. Posledično je vzorčenje sirov, izdelanih v zimski sezoni, potekalo med 19.4.2005 in 13.6.2005. Odvzetih je bilo 16 vzorcev, saj so v mlekarni Kočevje iz enega vzorčenega bazena mleka naredili dve vrsti sirov (jošt in gavda). Vzorčenje sirov, pridelanih v poletni sezoni, je potekalo med 29.8.2005 in 24.10.2005. Pri izdelavi vseh vzorčenih sirov je bilo mleko termično obdelano.

### 3.2 METODE DE LA

Analize mleka smo opravili leta 2006 v okviru diplomskega dela Petre Železnikar na Oddelku za zootehniko Univerze v Ljubljani. Analiza sirov je bila prav tako opravljena leta 2006 v okviru diplomskega dela Urške Jurce. Metilni estri maščobnih kislin so bili pripravljani po metodi ISTE, ki sta jo razvila Park in Goins (1994). Po estrenju so bile MK ločene s pomočjo plinskega kromatografa Agilent 6890 Series GC s plinsko kromatografijo. Rezultati analize MK so podani v masnih deležih (%), to je v gramih posamezne MK, ki se nahaja v 100 g vsote MK.

### 3.3 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Podatke tako za mleko kot za sire smo uredili s programom Microsoft Excel, ter jih statistično obdelali s programskim paketom SAS/STAT (SAS, 1994). Poleg osnovne statistike smo podatke primerjali še z uporabo metode primerjave parov (paired comparison). Z metodo primerjave parov smo ugotavljali, za koliko so se povišale oziroma znižale vsebnosti posameznih MK v tehnološkem postopku od mleka do izdelave sira. Ker je govora o masnih deležih pomeni, da znižanje deleža ene od MK pomeni, da se je delež drugih MK povečal, čeprav je njena količina nespremenjena ali pa se je tudi ta celo znižala. V obdelavo so bile vključene posamezne MK, ki so pomembne v prehrani ljudi (C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C18:1, KLK, C18:2 n-6, C18:3 n-3), skupine MK (NMK, ENMK, VNMK, n-3 VNMK, n-6 VNMK), ter razmerje med n-6 in n-3 VNMK. V obdelavo smo vključili MK, katerih masni delež je presegal 0,3 %.



## 4 REZULTATI

### 4.1 MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA MLEKA IN SIROV

Vzorčili smo mleko krav, krmljenih z zimskim (ZIM) in poletnim obrokom (POL), tako s kmetij in mlekarn s konvencionalnim načinom reje kot z ekoloških kmetij. Iz omenjenega mleka so v mlekarnah in kmetijah izdelali sire, ki so v povprečju zoreli 54 dni poleti in 55 dni pozimi. Nato smo vzorčili še sire. Analize so bile opravljene na Oddelku za zootehniko Biotehniške fakultete v Ljubljani. Analizirali smo MK sestavo mleka (Železnikar, 2007) in iz tega mleka izdelane sire (Jurca, 2008).

Maščobe mleka (preglednica 5) so v povprečju vsebovale 1,65 % kaprojske (C6:0), 1,17 % kaprilske (C8:0) ter 2,88 % kaprinske (C10:0) MK. Delež lavrinske (C12:0) in miristinske kisline (C14:0) je v povprečju znašal 3,61 % in 11,89 %. Največji delež C14:0 je znašal 13,91 %, najmanjši pa 8,29 %. V mleku je prevladovala palmitinska kislina (C16:0), katere vrednost je bila povprečno 30,60 %. Povprečna deleža stearinske (C18:0) in oleinske (C18:1) sta bila 10,92 % in 24,66 %. Delež KLK je v vzorcih mleka v povprečju znašal 0,82 %, z razponom od 0,32 % do 2,06 % maščobnih kislin.

Preglednica 5: Izvleček osnovnih statističnih parametrov vsebnosti posameznih MK (% skupnih MK) v mleku, prirejenem v Sloveniji (n = 31)

Maščobne kisline	Povprečje (%)	Standardna napaka	MIN (%)	MAX (%)
C6:0 (kaprojska)	1,65	0,03	1,36	2,07
C8:0 (kaprilska)	1,17	0,03	0,78	1,47
C10:0 (kaprinska)	2,88	0,09	1,43	3,62
C12:0 (lavrinska)	3,61	0,10	2,36	4,39
C14:0 (miristinska)	11,89	0,22	8,72	13,91
C16:0 (palmitinska)	30,60	0,53	24,07	34,59
C18:0 (stearinska)	10,92	0,25	8,29	14,80
C18:1 (oleinska)	24,66	0,59	19,22	33,19
C18:2 n-6 (linolna)	2,19	0,06	1,75	2,91
C18:3 n-3 ( $\alpha$ -linolenska)	0,70	0,06	0,32	1,70
KLK	0,82	0,08	0,32	2,06

n - število vzorčenj;

V preglednici 6 so prikazani deleži MK, razvrščenih po skupinah. Skupina NMK je zavzemala največji delež vseh določenih maščobnih kislin (67,27 %), z razponom od 56,84 do 73,57 %. ENMK je bilo 28,41 % MK, 4,32 % pa VNMK. Največji delež VNMK mleka je znašal 6,94 %, najmanjši pa 3,35 %. V povprečju je bilo 4,32 % VNMK. V skupini n-3 VNMK (0,92 %) je prevladovala linolenska kislina (0,70 %), v skupini n-6 VNMK, katerih

delež je bil 2,56 % vseh maščobnih kislin, pa linolna kislina (2,19 %). Največji in najmanjši delež n-3 VNMK v mleku je znašal 2,08 % in 0,45 %. Razmerje med n-6 in n-3 VNMK je bilo v povprečju 3,22, z razponom od 1,55 do 7,44.

Preglednica 6: Izvleček osnovnih statističnih parametrov nekaterih skupin in razmerij MK mleka (% skupnih MK), prirejenega v Sloveniji (n = 31)

Skupine kislin	Povprečje (%)	Standardna napaka	MIN (%)	MAX (%)
NMK	67,27	0,70	56,84	73,57
ENMK	28,41	0,58	23,08	37,61
VNMK	4,32	0,15	3,35	6,94
RMK	2,06	0,05	1,52	2,60
n-3 VNMK	0,92	0,07	0,45	2,08
n-6 VNMK	2,56	0,06	2,14	3,35
n-6/n-3 VNMK	3,22	0,25	1,55	7,44

n - število vzorčenj;

V siri so maščobe v povprečju vsebovale 1,67 % kaprojske (C6:0), 1,24 % kaprilske (C8:0) ter 2,86 % kaprinske (C10:0) MK. Delež lavrinske (C12:0) in miristinske kisline (C14:0) je v povprečju znašal 3,53 % in 11,68 %. Prav tako kot v mleku je tudi v siri prevladovala palmitinska kislina (C16:0), katere vsebnost je bila povprečno 30,39 %. Povprečni deleži stearinske (C18:0) in oleinske (C18:1) so znašali 10,95 % in 25,10 %. Delež KLK je v vzorcih sirov v povprečju znašal 0,85 %, z razponom od 0,33 % do 1,94 % maščobnih kislin (preglednica 7).

Preglednica 7: Izvleček osnovnih statističnih parametrov za posamezne MK (% skupnih MK) v vseh analiziranih vzorcih sira (n=32)

Maščobne kisline	Povprečje (%)	Standardna napaka	MIN (%)	MAX (%)
C6:0 (kaprojska)	1,67	0,03	1,25	1,90
C8:0 (kaprilska)	1,24	0,03	0,76	1,40
C10:0 (kaprinska)	2,86	0,09	1,41	3,39
C12:0 (lavrinska)	3,53	0,11	1,74	4,27
C14:0 (miristinska)	11,68	0,26	6,87	13,97
C16:0 (palmitinska)	30,39	0,56	21,72	34,63
C18:0 (stearinska)	10,95	0,26	8,18	15,15
C18:1 (oleinska)	25,10	0,61	19,49	33,42
C18:2 n-6 (linolna)	2,25	0,06	1,86	3,32
C18:3 n-3 ( $\alpha$ -linolenska)	0,72	0,06	0,32	1,91
KLK	0,85	0,08	0,33	1,94

n - število vzorčenj;

Pri pregledu po skupinah razvrščenih MK (preglednica 8) zavzemajo NMK največji delež vseh določenih maščobnih kislin in sicer 66,97 %, z razponom od 55,62 do 72,53 %. ENMK je bilo 28,58 % ter 4,45 % VNMK. Največji delež VNMK mleka je znašal 8,01 %, najmanjši

pa 3,42 %. Delež n-3 VNMK in n-6 VNMK v sirih je znašal 0,92 % in 2,66 %. Razmerje n-6 in n-3 VNMK je bilo v povprečju 3,13, z razponom od 1,75 do 7,47.

Preglednica 8: Izvleček osnovnih statističnih parametrov za skupine MK (% skupnih MK) in razmerje med n-6 in n-3 VNMK v vseh analiziranih vzorcih sira (n = 32)

Skupine kislin	Povprečje (%)	Standardna napaka	MIN (%)	MAX (%)
NMK	66,97	0,72	55,62	72,53
ENMK	28,58	0,58	23,57	36,37
VNMK	4,45	0,18	3,42	8,01
RMK	2,26	0,06	1,67	3,21
n-3 VNMK	0,92	0,07	0,43	2,21
n-6 VNMK	2,66	0,06	2,30	3,87
n-6/n-3 VNMK	3,31	0,24	1,75	7,47

n - število vzorčenj;

#### 4.2 PRIMERJAVA PAROV MLEKO - SIR

Testirali smo razlike med povprečnimi deleži, tako da smo od povprečnega deleže MK ali skupine MK mleka odšteli povprečni delež MK ali skupine MK v siru. Negativna sprememba pomeni, da je delež določene MK ali vsote MK v siru večji od deleža v mleku. Testirali smo tako posamezne maščobne kisline kot skupine maščobnih kislin pri vseh parih, nato smo razlike v sestavi testirali še glede na način reje (ekološka, konvencionalna) in glede na obrok (poletni, zimski).

Primerjava razlik v MK sestavi parov (paired comparison) vseh vzorcev kaže, da se statistično značilne razlike dogajajo v vseh skupinah MK tako NMK kot VNMK. Pri pregledu rezultatov masnih deležev vseh vzorcev smo ugotovili, da so statistično značilne razlike zvišanje deleža C8:0 ter znižanja deležev C12:0 in C14:0 (preglednica 9), vendar so s prehranskega vidika te spremembe manj pomembne. Statistično značilno se je povišal delež VNMK, RMK in n-6 VNMK v sirih v primerjavi z mlekom. Znotraj skupine VNMK sta se statistično značilno povišala v sirih deleža C18:2 n-6 in C18:3 n-6. Najbolj se je med posameznimi MK statistično značilno spremenil delež oleinske kisline (za 0,44 odstotne točke), vsebnost je bila višja v sirih. Med skupinami MK je največja sprememba v deležu RMK, delež le-teh je višji v sirih.

Preglednica 9: Primerjava parov (mleko – sir, % skupnih MK) vseh vzorcev mleka in sirov (n=32)

Maščobne kisline	Razlika (%)	Standardna napaka	p-vrednost
C 6:0	-0,02	0,02	0,2644
C 8:0	-0,07	0,02	<b>0,0007</b>
C 10:0	0,02	0,06	0,7424
C 12:0	0,08	0,03	<b>0,0309</b>
C 14:0	0,21	0,07	<b>0,0067</b>
C 16:0	0,22	0,15	0,1668
C 18:0	-0,02	0,10	0,8333
C 18:1	-0,44	0,19	<b>0,0265</b>
C 18:2 n-6	-0,07	0,03	<b>0,0373</b>
C 18:3 n-6	-0,04	0,01	<b>&lt;,0001</b>
C 18:3 n-3	-0,02	0,02	0,2426
KLK	-0,03	0,02	0,1561
Skupine kislin			
NMK	0,30	0,23	0,1965
ENMK	-0,17	0,19	0,3867
VNMK	-0,13	0,05	<b>0,0106</b>
RMK	-0,20	0,02	<b>&lt;,0001</b>
n-3 VNMK	-0,003	0,02	0,8429
n-6 VNMK	-0,10	0,03	<b>0,0084</b>
n-6/n-3 VNMK	-0,09	0,13	0,5168

n - število vzorčenj;

Pri pregledu rezultatov primerjave masnih deležev MK v vzorcih mleka in sira glede na način reje (preglednica 10) ugotavljamo, da so se največje statistično značilne spremembe pri konvencionalni reji dogajale znotraj NMK, maščobe mleka so vsebovale statistično značilne nižje deleže C6:0 in C8:0 kot maščobe sira ter višji delež C14:0. Statistično značilni spremembi sta še bili povišanje deležev C18:3 n-6 in RMK v sirih v primerjavi z mlekom. Pri ekološki reji so se statistično v sirih značilno povišali deleži VNMK in RMK. Statistično značilno je še povišanje deleža n-6 VNMK v sirih. Povišanje n-6 VNMK v siru je spremenilo razmerje n-6/n-3 VNMK in tudi sprememba razmerja je bila statistično značilna. Ostale spremembe v deležih niso bile statistično značilne, čeprav je opaziti določene trende ( $0,05 < P < 0,1$ ) pri C18:1, VNMK in n-6 VNMK.

Pri ekološki reji ni bilo statistično značilnih sprememb pri posameznih MK. So pa opazni določeni trendi ( $0,05 < P < 0,1$ ) znižanja C6:0, C12:0 in C14:0 ter zvišanja C18:2 n-6 in C18:3 n-6. Pri pregledu po posameznih skupinah MK so se v siru statistično značilno zvišali deleži VNMK, RMK in n-6 VNMK. Sprememba slednje skupine je spremenilo razmerje med n-6 in n-3 in tudi ta sprememba je bila statistično značilna.

Preglednica 10: Primerjava parov (mleko – sir, % skupnih MK) glede na način reje

Maščobne kisline	Konvencionalna reja (n=27)			Ekološka reja (n=5)		
	Razlika (%)	Standardna napaka	p-vrednost	Razlika (%)	Standardna napaka	p-vrednost
C 6:0	-0,04	0,02	<b>0,0287</b>	0,10	0,04	0,0759
C 8:0	-0,09	0,02	<b>0,0002</b>	0,01	0,04	0,8973
C 10:0	-0,03	0,07	0,6859	0,28	0,14	0,1121
C 12:0	0,03	0,03	0,2178	0,32	0,13	0,0726
C 14:0	0,11	0,04	<b>0,0207</b>	0,75	0,31	0,0757
C 16:0	0,12	0,16	0,4680	0,74	0,41	0,1439
C 18:0	0,06	0,07	0,4322	-0,44	0,49	0,4215
C 18:1	-0,28	0,15	0,0745	-1,28	0,86	0,2097
C 18:2 n-6	-0,04	0,03	0,2127	-0,22	0,09	0,0775
C 18:3 n-6	-0,04	0,01	<b>&lt;,0001</b>	-0,06	0,02	0,0666
C 18:3 n-3	-0,01	0,02	0,6293	-0,08	0,04	0,1076
KLK	-0,02	0,02	0,4000	-0,10	0,07	0,2334
Skupine kislin						
NMK	0,11	0,18	0,5286	1,33	1,10	0,2927
ENMK	-0,04	0,15	0,8033	-0,88	0,95	0,4053
VNMK	-0,08	0,04	0,0841	-0,45	0,17	<b>0,0567</b>
RMK	-0,17	0,02	<b>&lt;,0001</b>	-0,36	0,07	<b>0,0070</b>
n-3 VNMK	0,004	0,02	0,8213	-0,05	0,03	0,1847
n-6 VNMK	-0,06	0,03	0,0805	-0,31	0,10	<b>0,0369</b>
n-6/n-3 VNMK	-0,08	0,16	0,6234	-0,13	0,04	<b>0,0296</b>

n - število vzorčenj;

Rezultati primerjave parov glede na obrok (preglednica 11) kažejo, da so siri iz poletnega obdobja vsebovali statistično značilno višji delež C8:0 in nižje deleže C10:0, C12:0 in C14:0, vendar razlika v deležih skupih NMK med mlekom in siri ni bila statistično značilna. Med skupinami MK je bila statistično značilna le sprememba RMK, njihov delež je bil višji v siri. Pri vzorcih iz zimskega obdobja se je statistično značilno povišal delež C8:0, C18:2 n-6 in C18:3 n-3 v siri v primerjavi z mlekom. Prav tako sta se v siri statistično značilno povišala deleža VNMK, RMK in n-6 VNMK. Statistično značilno je bilo tudi povišanje razmerja med n-6 in n-3 VNMK.

Preglednica 11: Primerjava parov (mleko – sir, % skupnih MK) glede na obrok

Maščobne kisline	Poletni obrok (n=16)			Zimski obrok (n=16)		
	Razlika (%)	Standardna napaka	p-vrednost	Razlika (%)	Standardna napaka	p-vrednost
C 6:0	0,01	0,03	0,8510	-0,05	0,03	0,0998
C 8:0	-0,08	0,03	<b>0,0314</b>	-0,07	0,02	<b>0,0053</b>
C 10:0	0,13	0,05	<b>0,0315</b>	-0,09	0,11	0,4268
C 12:0	0,14	0,06	<b>0,0257</b>	0,01	0,03	0,6955
C 14:0	0,36	0,12	<b>0,0110</b>	0,06	0,05	0,3033
C 16:0	0,18	0,22	0,4276	0,25	0,22	0,2653
C 18:0	-0,11	0,17	0,5464	0,07	0,09	0,4894
C 18:1	-0,56	0,31	0,0914	-0,32	0,22	0,1690
C 18:2 n-6	-0,05	0,06	0,3901	-0,08	0,02	<b>0,0037</b>
C 18:3 n-6	-0,02	0,01	0,0772	-0,07	0,01	<b>&lt;,0001</b>
C 18:3 n-3	-0,03	0,03	0,2617	-0,01	0,02	0,6742
KLK	-0,04	0,04	0,2876	-0,02	0,01	0,2194
Skupine kislin						
NMK	0,39	0,39	0,3302	0,22	0,26	0,4160
ENMK	-0,26	0,32	0,4356	-0,08	0,22	0,7196
VNMK	-0,13	0,09	0,1592	-0,14	0,05	<b>0,0089</b>
RMK	-0,22	0,03	<b>&lt;,0001</b>	-0,18	0,03	<b>&lt;,0001</b>
n-3 VNMK	-0,02	0,03	0,4819	0,01	0,02	0,5302
n-6 VNMK	-0,07	0,07	0,3346	-0,13	0,02	<b>&lt;,0001</b>
n-6/n-3 VNMK	0,10	0,25	0,6933	-0,28	0,06	<b>0,0003</b>

n - število vzorčenj;

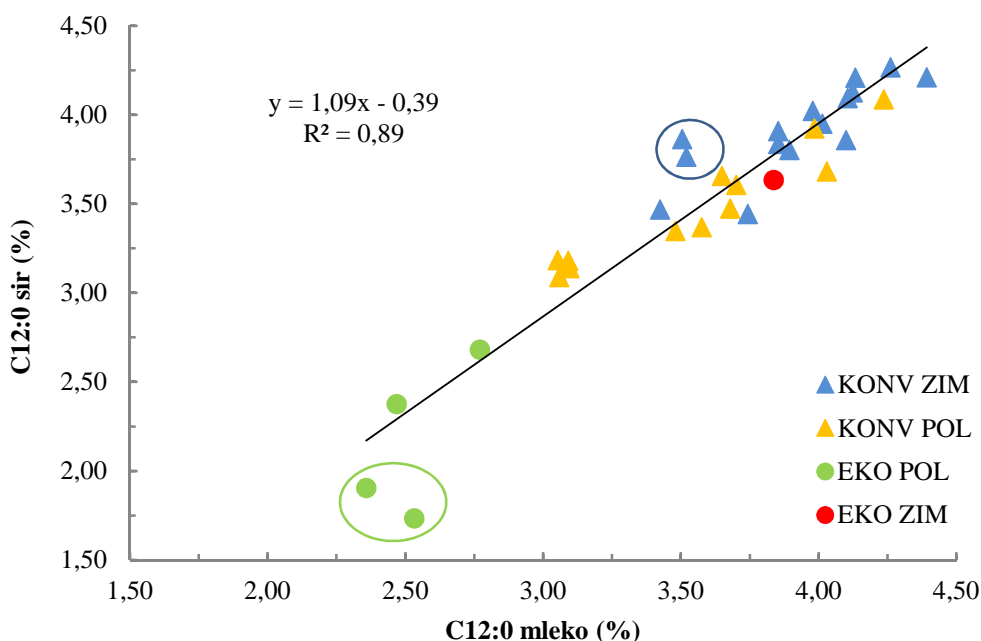
### 4.3 KORELACIJA MED DELEŽI MK V MLEKU IN SIRIH

Primerjali smo povezavo med posameznimi MK in skupinami MK v mleku in sirih, pri čemer smo uporabili linearno regresijo (metoda najmanjših kvadratov). Podatke predstavljamo grafično, na abscisi so vrednosti, podane v masnih deležih MK v mleku in na ordinati masni deleži MK v sirih. Izjema je razmerje med n-6 in n-3 MK, ki je število brez enot.

#### 4.3.1 Korelacija med deleži posameznih MK v mleku in sirih

Preverjali smo korelacijo med deleži posameznih MK v vseh vzorcih mleka in sirih, izdelanih iz tega mleka, ne glede na sezono in način reje. V nadaljevanju prikazujemo rezultate analize za C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 n-6, C18:3 n-3 in KKK ter skupine MK.

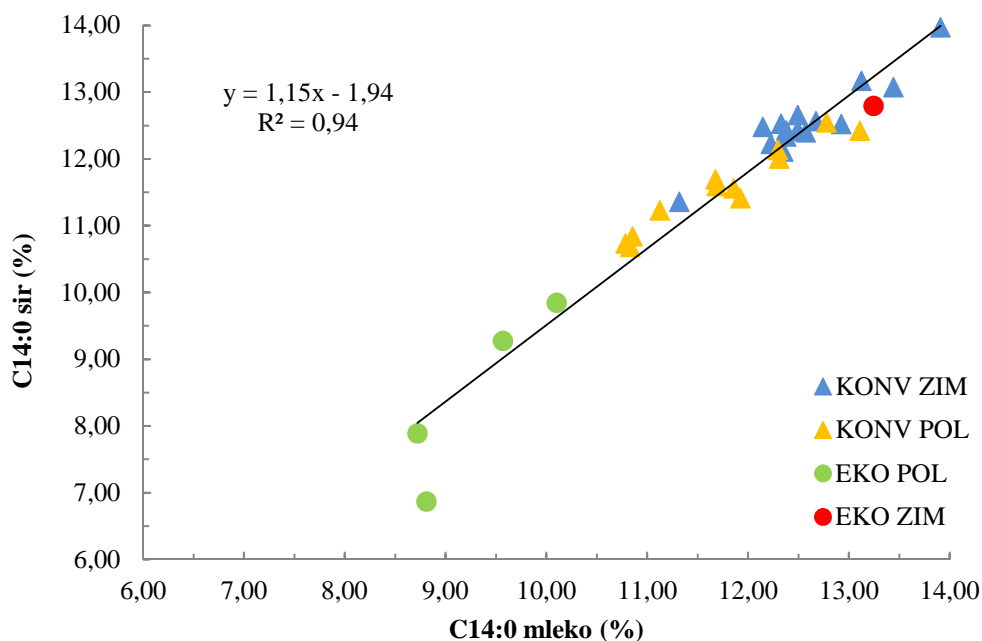
Mleko in siri vsebujejo med 2,3 in 4,5 % lavrinske kisline (C12:0). Medtem ko se vsebnosti lavrinske kisline v vzorcih mleka in sirov s konvencionalnih kmetij med sezonama niso razlikovale, so te vsebnosti v mlečnih proizvodih iz poletne sezone in ekoloških kmetij nižje. Delež lavrinske kisline v mleku v primerjavi s siri, opišemo z linearno enačbo  $\%_{\text{sir}} = 1,09 \%_{\text{mleko}} - 0,39$  (slika 4). Korelacijski koeficient ( $r$ ) med deležem lavrinske kisline v mleku in siru je visok in znaša 0,94, torej uporabljeni model pojasni 89 % variabilnosti. Regresijski koeficient 1,09 potrjuje, da je delež lavrinske kisline v mleku višji kot v siri, kar smo ugotovili tudi pri primerjavi razlik parov mleko - sir. Podatki so konsistentni za vse vzorce, razen za vzorca iz ekološke reje, kjer so bile molznice krmljene s poletnim obrokom. Vsebnosti C12:0 v siri sta v teh vzorcih za 0,35 in 0,75 % (obkrožena z zeleno barvo na sliki 4) nižji kot v mleku. V dveh vzorcih sirov s konvencionalnih kmetij iz poletnega obdobja sta vsebnosti C12:0 v vzorcih sirov višji kot v mleku, iz katerega sta bila sira izdelana za 0,09 % (obkrožena z modro barvo na sliki 4).



Slika 4: Korelacija med deležem C12:0 v mleku in siri

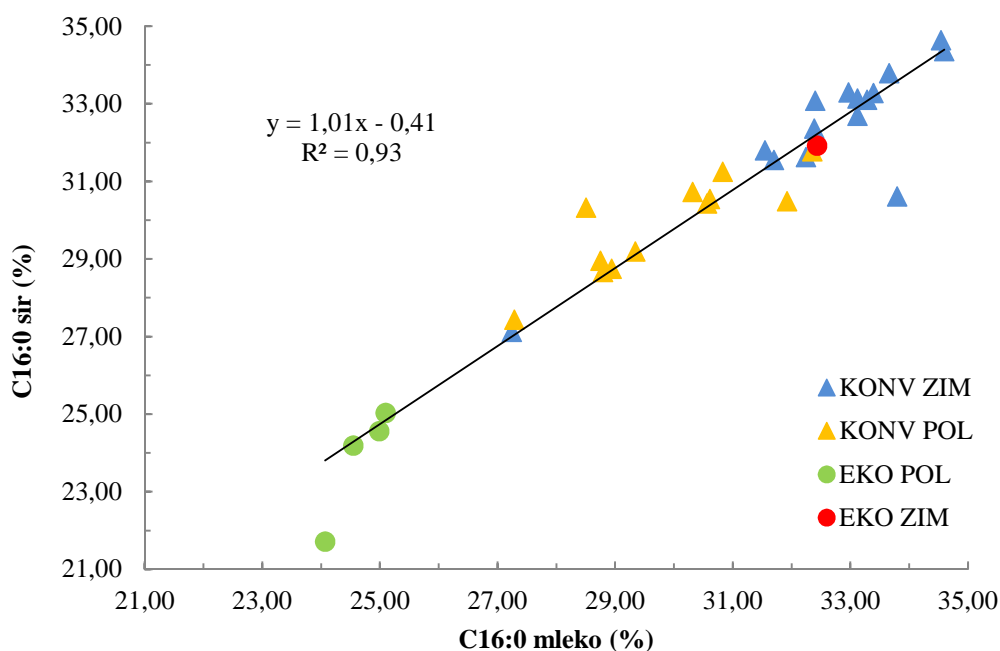


Pri miristinski kislini (C14:0) je opazen podoben trend kot pri lavrinski MK. Njen delež v skupni maščobi je pri krmljenju s poletnim obrokom pri ekološkem načinu reje nižji kot pri zimskem obroku. Če pogledamo le ekološki način reje, vidimo, da so velike razlike med poletnim in zimskim obrokom in znašajo tudi 3 in 5 %. Pri predelavi mleka v sir naraste delež C14:0 za 15 %. Korelacijski koeficient med deležem miristinske kisline v mleku in siru znaša 0,94, pri čemer uporabljeni model pojasni 89 % variabilnosti (slika 5).



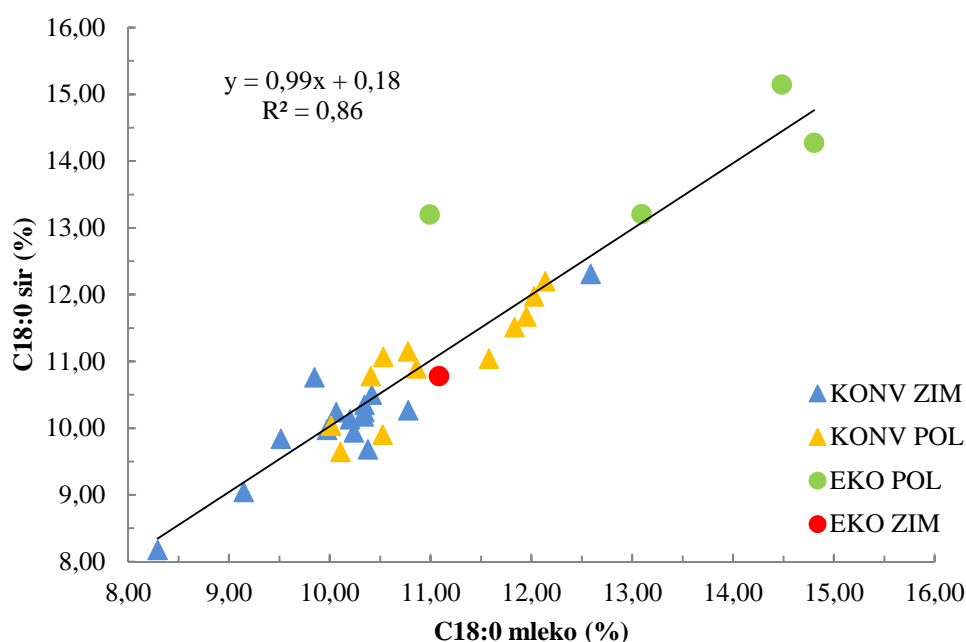
Slika 5: Korelacija med deležem C14:0 v mleku in sirih

Kot MK z najvišjim deležem ima palmitinska kislina (C16:0) poseben pomen. Prenaša se iz mleka v sir v skoraj nespremenjenem deležu (slika 6). Najmanj palmitinske MK je pri ekološki reji, kjer so molznice krmili s poletnim obrokom. Videti je, kot da obstaja zelo jasna meja med deleži C16:0 pri posameznih načinih reje in obroki, saj je tudi pri konvencionalni reji krmljeni s poletnim obrokom njen odstotek nižji kot pri krmljenju z zimskim obrokom ne glede na način reje. Delež palmitinske kisline, ki se bo prenesel v sire, lahko napovemo z visoko natančnostjo. Korelacijski koeficient je tako kot pri lavrinski in miristinski MK visok in znaša 0,96. Uporabljeni model pojasni 93 % variabilnosti (slika 6).



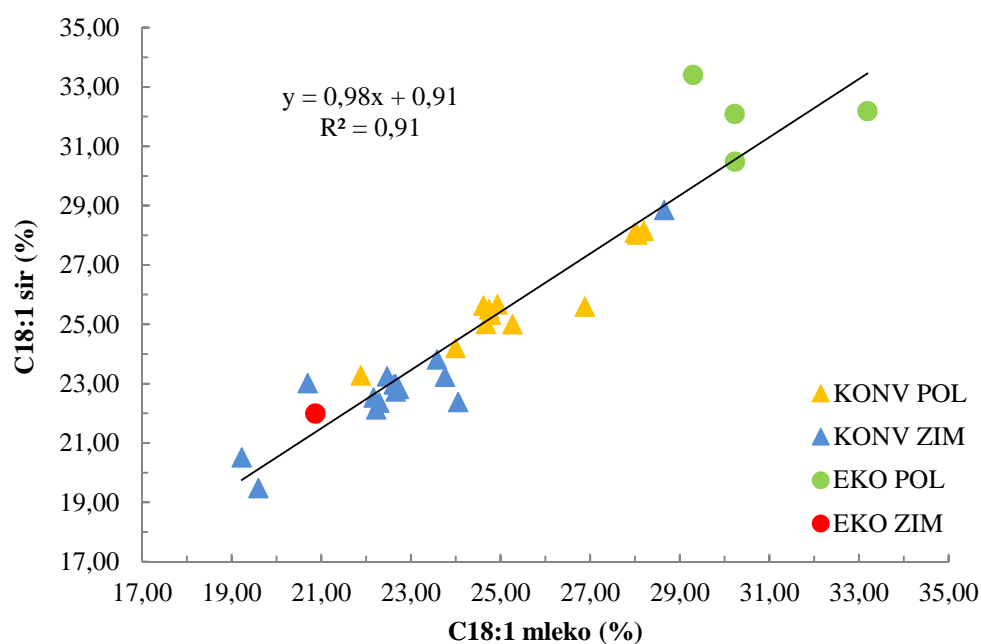
Slika 6: Korelacija med deležem C16:0 v mleku in sirih

Odstotek stearinske MK (C18:0) se tako kot palmitinske pri predelavi mleka v sir le malo spremeni oziroma vsebnost stearinske MK ostane nespremenjena. Za razliko od palmitinske MK vsebujejo vzorci mleka in sirov iz ekološke reje višje deleže stearinske MK kot vzorci iz konvencionalne reje. Vzorec mleka in sira iz ekološke reje, ko so bile molznice krmljene z zimskim obrokom, se od ostalih vzorcev iz konvencionalne reje ne razlikuje. Korelacijski koeficient med deležem stearinske kisline v mleku in siru znaša 0,93, pri čemer uporabljeni model pojasni 86 % variabilnosti (slika 7).



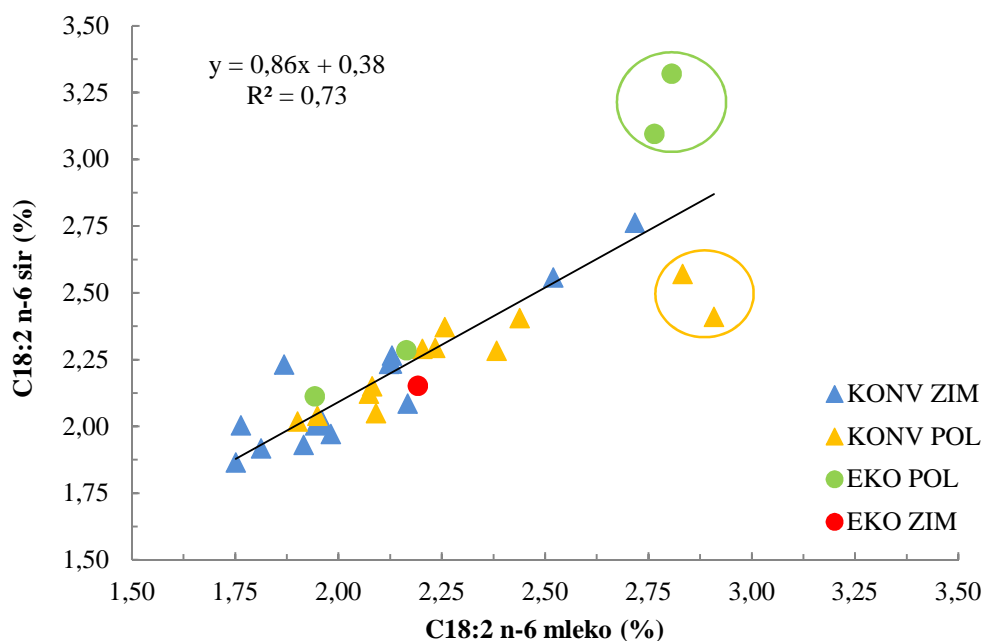
Slika 7: Korelacija med deležem C18:0 v mleku in siri

Najvišje deleže oleinske MK (C18:1) imajo vzorci mleka in sira, vzorčeni v poletnem obdobju v primerjavi z vzorci iz zimskega obdobja. Znotraj te sezone so deleži oleinske MK v mleku in sirih z ekoloških kmetij višje kot pri vzorcih iz konvencionalnih rej. Vsebnost oleinske MK v vzorcu iz ekološke reje iz zimskega obdobja se ni razlikovala od vsebnosti v vzorcih konvencionalnih kmetij v zimskem obdobju. Korelacijski koeficient med deležem oleinske kisline v mleku in siru znaša 0,95, pri čemer uporabljeni model pojasni 91 % variabilnosti (slika 8).



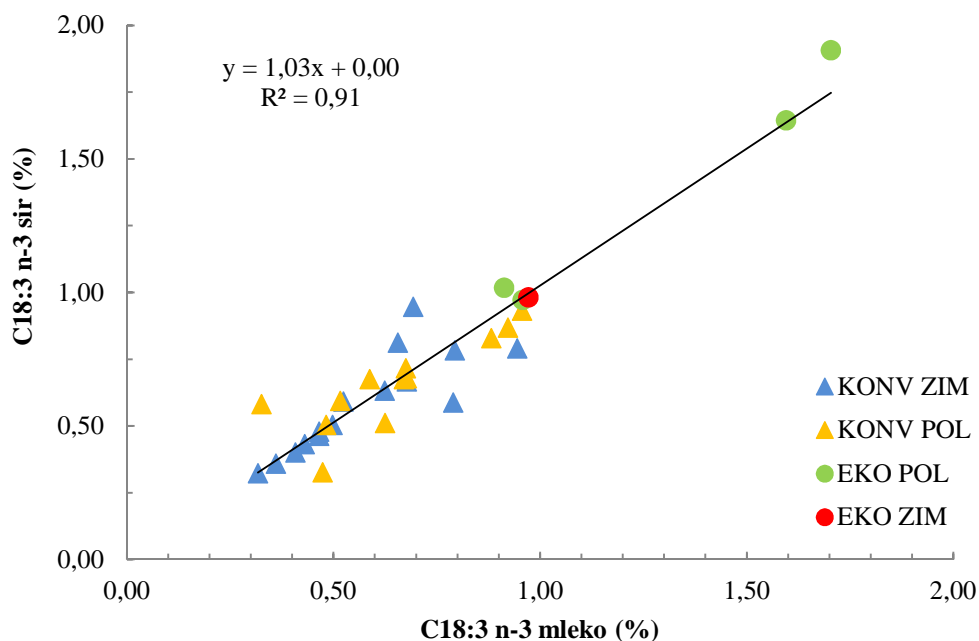
Slika 8: Korelacija med deležem C18:1 v mleku in sirih

Delež linolne MK (C18:2 n-6) se v procesu predelave iz mleka v sir poviša. Za razliko od ostalih MK so podatki bolj variabilni. Izstopajo štiri vzorci iz poletnega obdobja. Dva iz ekološke reje, pri katerih se odstotek linolne kisline poviša za 0,34 in 0,51 % (obkrožena z zeleno barvo na sliki 9). Druga dva sta iz konvencionalne reje in delež jima upade za 0,26 in 0,50 % (obkrožena z rumeno barvo na sliki 9). Ti štiri vzorcev so imeli najvišji delež linolne MK v svojih skupinah. Korelacijski koeficient med deležem linolne kisline v mleku in siru znaša 0,85. To je tudi najnižji korelacijski koeficient od vseh obdelanih MK. Uporabljeni model pojasni 73 % variabilnosti.



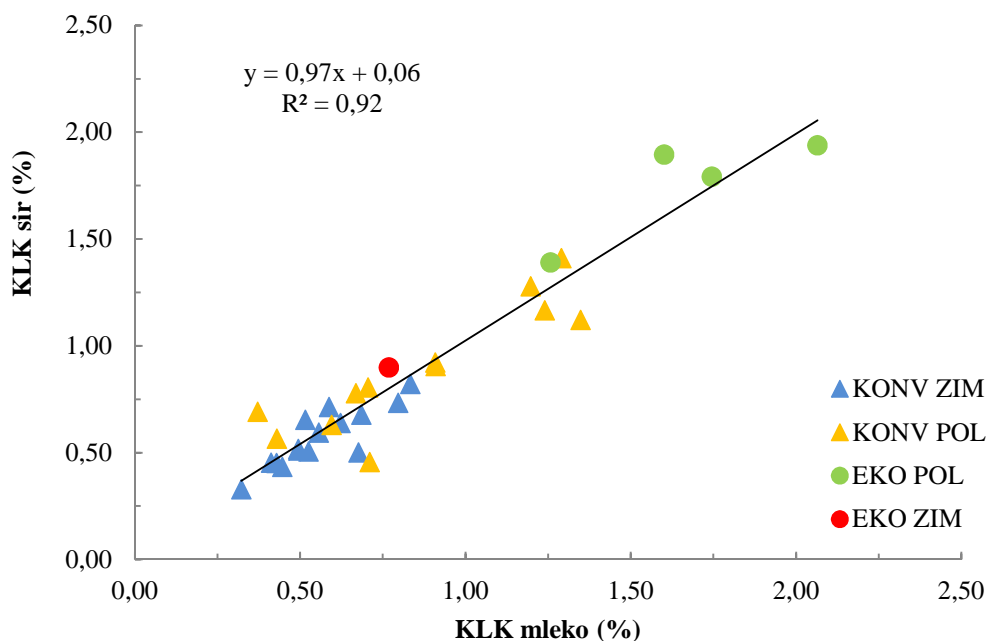
Slika 9: Korelacija med deležem 18:2 n-6 v mleku in sirih

Odstotek  $\alpha$ -linolenske MK (C18:3 n-3) je najvišji v vzorcih iz ekološke reje. Z izjemo dveh vzorcev so vse vrednosti med 0,25 in 1,05 %. Dva vzorca iz ekološke reje in poletnega obdobja imata vsebnosti nad 1,5 %. Pri predelavi mleka v sir se odstotek  $\alpha$ -linolenske kisline v povprečju ne spremeni, kar potrjuje analiza parov mleko sir, kjer nismo ugotovili razlik v vsebnosti. Korelacijski koeficient med deležem  $\alpha$ -linolenske MK v mleku in siru znaša 0,96, pri čemer uporabljeni model pojasni 91 % variabilnosti (slika 10).



Slika 10: Korelacija med deležem C18:3 n-3 v mleku in sirih

Odstotek konjugirane linolne kisline (KLK) je najvišji v maščobi mleka in sirov z ekoloških kmetij iz poletnega obdobja. Te vrednosti so dvakratnik odstotka KLK v mleku in sirih iz konvencionalne reje v zimskem obdobju. Vzorec iz ekološke kmetije z zimskega obdobja prav tako ni izstopal. Odstotek KLK v siru lahko z visoko natančnostjo napovemo iz odstotka KLK v mleku z modelom  $\%_{\text{sir}} = 0,97 \%_{\text{mleko}} + 0,06$ , korelacijski koeficient znaša 0,96. Uporabljeni model pojasni 92 % variabilnosti (slika 11).

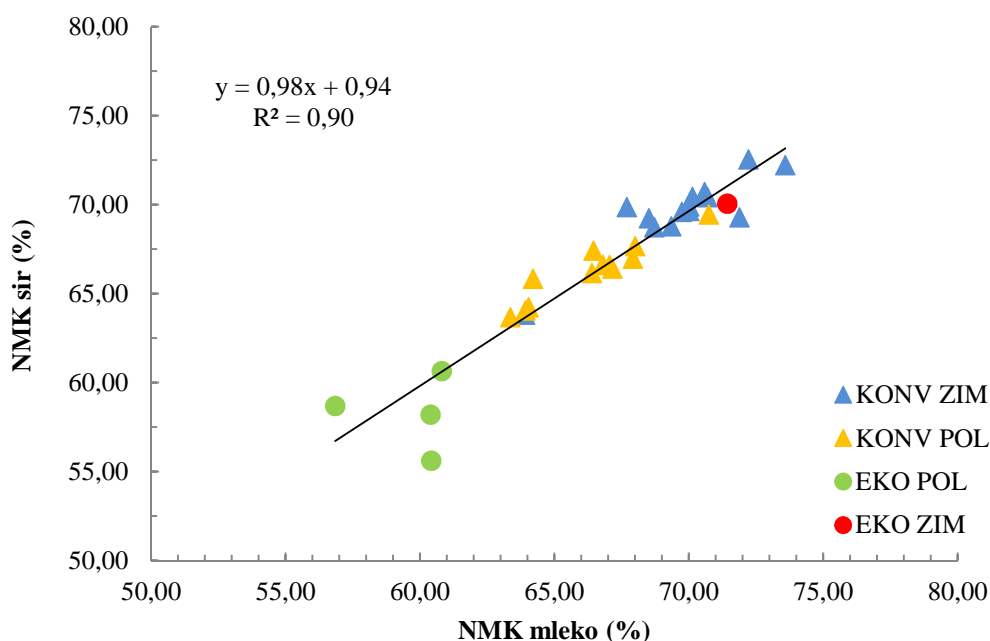


Slika 11: Korelacija med deležem KLK v mleku in sirih

### 4.3.2 Korelacija med odstotki posameznih skupin MK

Analizirali smo povezave med vsebnostjo v mleku in iz tega mleka izdelanih sirov za naslednje skupine maščobnih kislin: NMK (nasičene MK), ENMK (enkrat nenasičene MK), VNMK (večkrat nenasičene MK), RMK (razvejane MK), n-3 VNMK (omega 3 MK), n-6 VNMK (omega 6 MK) in n-3/n-6 VNMK (razmerje med omega 3 MK in omega 6 MK).

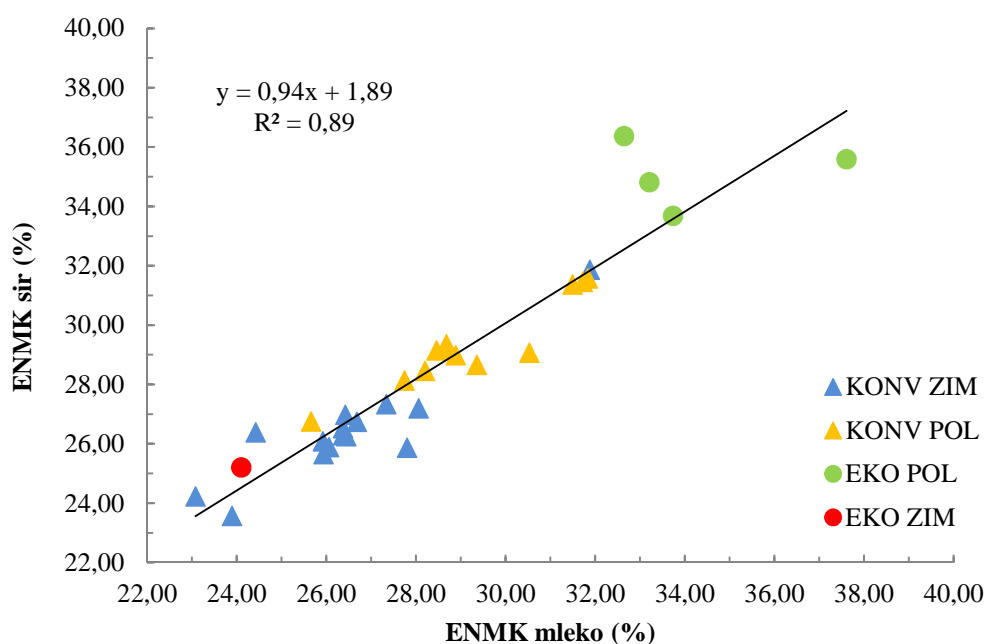
Delež nasičenih maščobnih kislin (NMK) v sirih lahko zelo natančno napovemo iz MK sestave mleka, saj se njihov delež procesu pridelave sira ne spreminja. S slike 12 je razvidno, da je vsebnost NMK odvisna od obroka, saj so vzorci mleka in sirov iz poletnih obrokov vsebovali manj NMK kot tisti iz zimskih obrokov. Medtem, ko se vzorec mleka in sira z ekološke kmetije, kjer so živali krmljene z zimskim obrokom, ni razlikoval od ostalih vzorcev s kmetij, kjer so krmili zimski obrok. Korelacijski koeficient med deležem nasičenih maščobnih kislin v mleku in siru znaša 0,95, pri čemer uporabljeni model pojasni 90 % variabilnosti.



Slika 12: Korelacija med deležem NMK v mleku in sirih

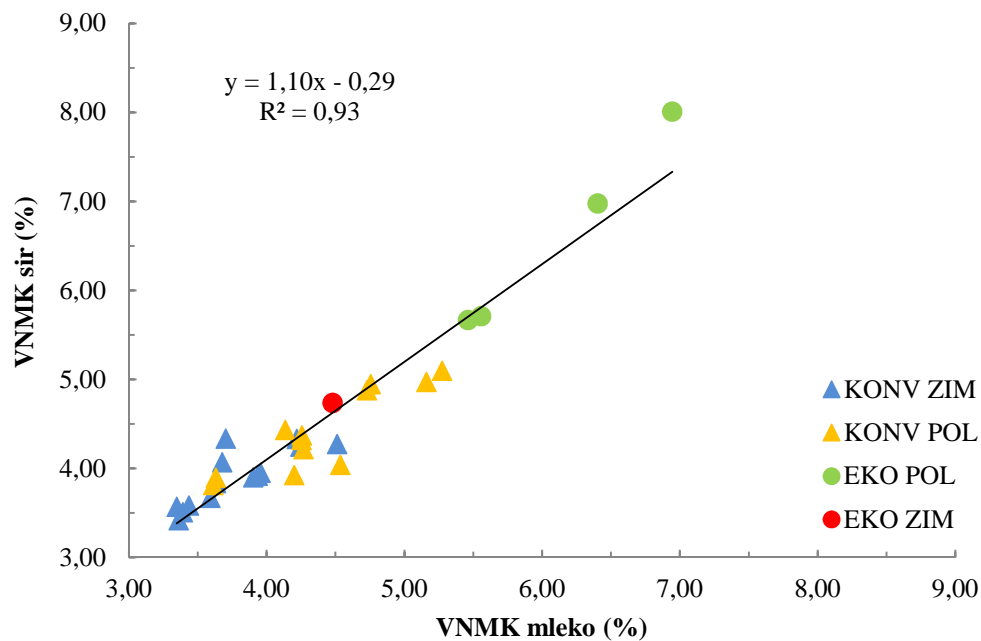


Delež enkrat nenasičenih maščobnih kislin (ENMK) je najnižji v zimskem obdobju ne glede na način reje. Odstotek ENMK je višji v poletnem obdobju. Najvišje vrednosti v mleku in sirih dosegajo ENMK pri ekološki reji in poletnem obroku, v treh od štirih vzorcev se je odstotek ENMK v sirih v primerjavi z mlekom povečal. Korelacijski koeficient med deležem enkrat nenasičenih maščobnih kislin v mleku in siru znaša 0,94, pri čemer uporabljeni model pojasni 89 % variabilnosti (slika 13).



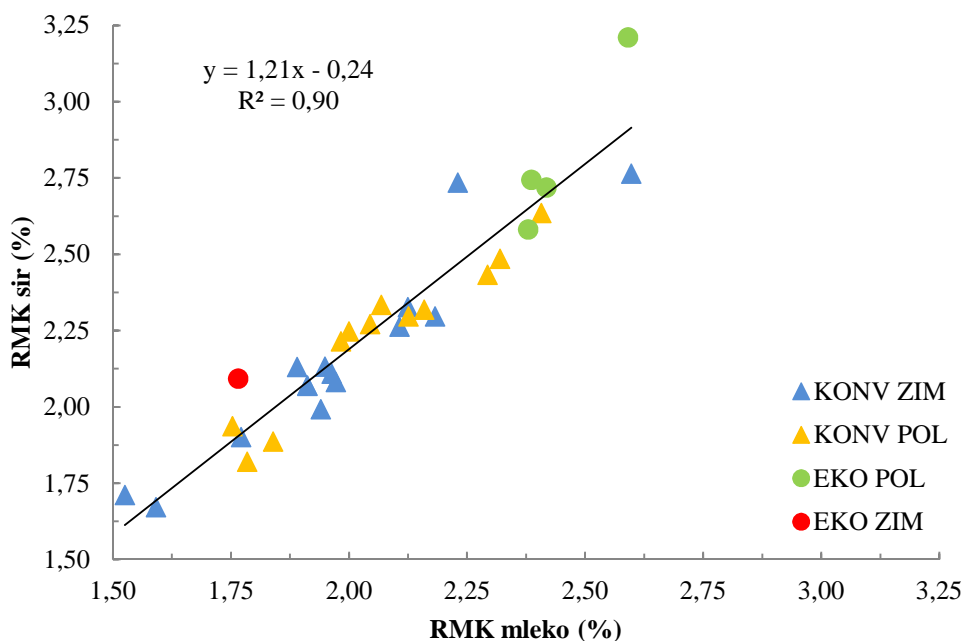
Slika 13: Korelacija med deležem ENMK v mleku in sirih

Delež večkrat nenasičenih maščobnih kislin (VNMK) v analiziranih vzorcih mleka in sirov je najvišji v ekološki reji v poletnem obdobju. Vse vrednosti slednjih so bile nad 5 %. Ostali vzorci so zelo podobni in ni velikih razlik med njimi. Vrednosti se gibljejo med 3 in 5 %. Količina VNMK se v sirih v primerjavi z mlekom poveša za 10 %, njihov odstotek v siru lahko napovemo z visoko zanesljivostjo. Korelacijski koeficient znaša 0,96. Uporabljeni model pojasni 93 % variabilnosti (slika 14).



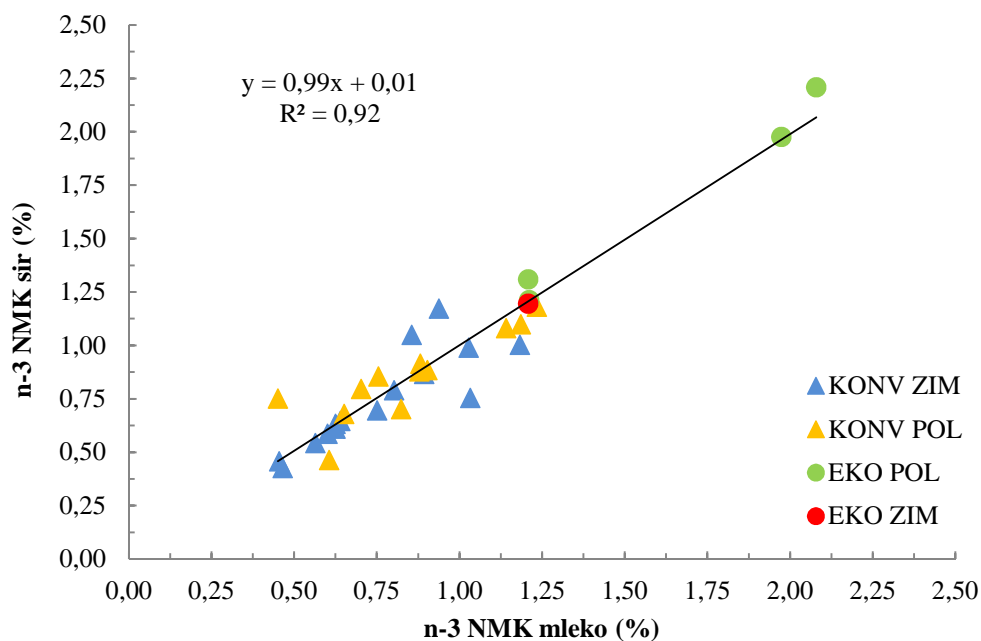
Slika 14: Korelacija med deležem VNMK v mleku in sirih

Delež razvejanih maščobnih kislin (RMK) se je najbolj spremenil in sicer se je povišal v sirih v primerjavi z mlekom, iz katerega so bili siri izdelani, za kar 10 %, kar je največ od vseh skupin MK, ki smo jih analizirali. Načini reje ali obroki ne vplivajo na vsebnost RMK v vzorcih mleka in sira. Videti je, da so deleži RMK v vzorcih mleka in sira iz ekološke reje in poletnim obrokom najvišji. Korelacijski koeficient med deležem RMK v mleku in siru znaša 0,94, pri čemer uporabljeni model pojasni 89 % variabilnosti (slika 15).



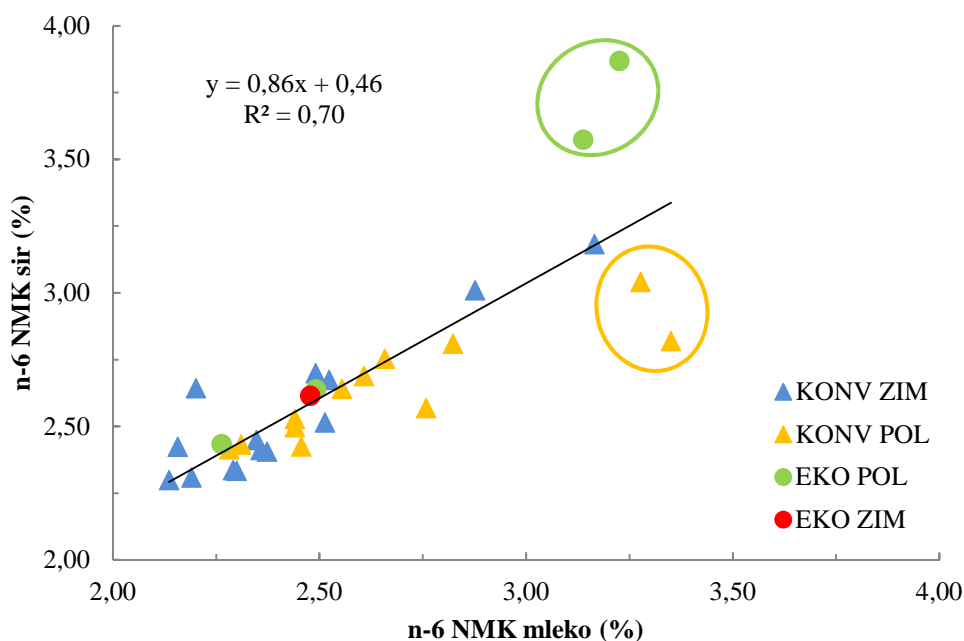
Slika 15: Korelacija med deležem RMK v mleku in sirih

Delež n-3 VNMK (slika 16) se nespremenjen prenese iz mleka v sir. Najvišjo vsebnost n-3 VNMK imajo mleko in siri iz ekoloških kmetij. Dva vzorca imata 2 % in več n-3 VNMK, kar je dva krat več kot ostali vzorci. Korelacijski koeficient med n-3 VNMK v mleku in siru znaša 0,96, pri čemer uporabljeni model pojasni 92 % variabilnosti.



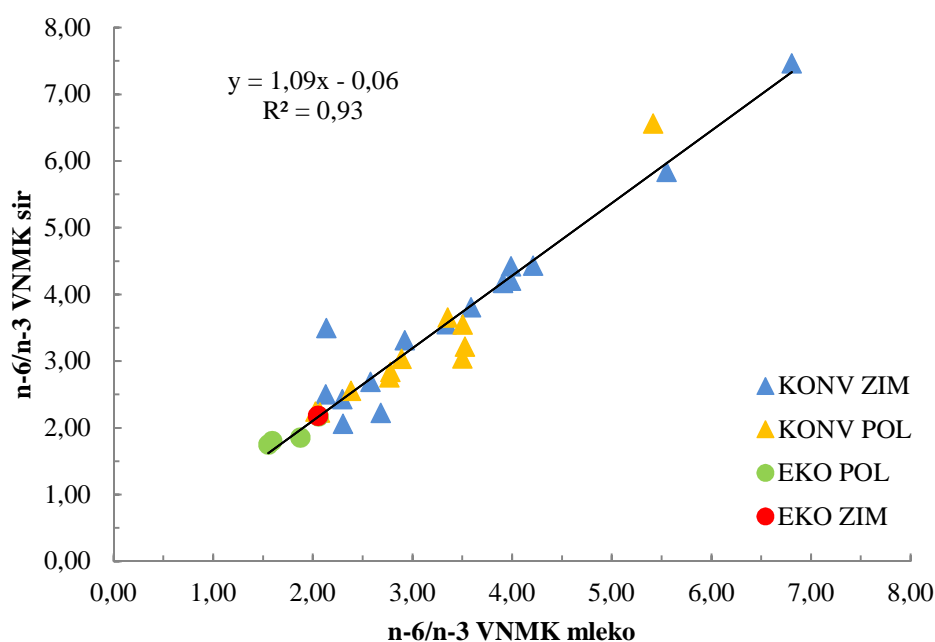
Slika 16: Korelacija med deležem n-3 VNMK v mleku in siri

Na prvi pogled je slika 17 zelo podobna sliki 9, saj linolna MK predstavlja večino od vseh n-6 VNMK prisotnih v mleku. Tako kot pri linolni MK izstopajo štirje vzorci iz poletnega obdobja. Dva iz ekološke reje, pri katerih se odstotek linolne MK poveša za 0,43 in 0,64 % (označena z zeleno barvo na sliki 17). Druga dva sta iz konvencionalne reje in delež jima upade za 0,24 in 0,53 % (označena z rumeno barvo na sliki 17). Ti štirje so imeli najvišji odstotek linolne MK v mleku. Korelacijski koeficient med deležem n-6 NMK v mleku in siru znaša 0,84. To je tudi najnižji korelacijski koeficient od vseh obdelanih MK in skupin MK. Uporabljeni model pojasni 70 % variabilnosti.



Slika 17: Korelacija med deležem n-6 VNMK v mleku in sirih

Razmerje med n-6 in n-3 VNMK se spreminja s količnikom 1,09 (slika 18). Ker se n-3 VNMK prenašajo iz mleka v sir v nespremenjeni količini (slika 16), so n-6 VNMK tiste, ki značilno vplivajo na razmerje, saj jih je manj v siru (slika 17). Njihov delež je obratno sorazmeren razmerju med n-6 in n-3 VNMK. Najnižje vrednosti in sicer pod 2:1 zasedajo vzorci iz ekološke reje. Vzorci iz konvencionalne reje pa so v razponu od 2:1 do 8:1, kar je z vidika prehranske vrednosti še vedno odlično, saj naj bi bilo ugodno razmerje med 5:1 in 10:1. Korelacijski koeficient znaša 0,96, pri čemer uporabljeni model pojasni 93 % variance.



Slika 18: Korelacija med razmerjema n-3 in n-6 NMK v mleku in sirih

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

S primerjavo deležev MK v mleku in sirih smo proučili, v kolikšni meri MK sestava mleka vpliva na MK sestavo sirov in kako se le-ta spreminja v odvisnosti od načina reje (ekološki ali konvencionalni) ter sezone (poletni ali zimski obrok). Tehnološki postopek predelave mleka v sir po podatkih iz literature naj ne bi imel pomembnejšega vpliva na MK sestavo sirov (Lucas in sod., 2005; Lin in sod., 1999). Pri konvencionalnem načinu reje se obrok skozi leto ne spreminja in je sestavljen iz koruzne silaže in dodatka močnih krmil. Možno je, da so v poletnem času v obrok dodajali sveže pokošeno travo. Pri ekološkem načinu reje je v poletnem obdobju obrok sestavljen iz paše, v zimskem obdobju iz sena ali travne silaže. Primerjali smo 31 vzorcev mleka in iz njih izdelane vzorcev sirov z vseh regij Slovenije. Vzorce smo pridobili tako iz mlekarn kot s kmetij. V mlekarnah se odločajo za bolj komercialne vrste sirov (jošt, gavda), medtem ko se na kmetijah odločajo za lokalne sire (tolminc). Zaradi raznolikosti sirov so različno dolgo zoreli (jošt  $30 \pm 5$ , Nanoški sir  $60 \pm 5$  in zbrinc  $90 \pm 5$  dni). Rezultati določanja sestave MK s plinsko kromatografijo so podani v masnih deležih (%). Zbrane podatke smo obdelali s programskim paketom SAS/STAT (SAS, 1994) in opravili poleg osnovne statistike še primerjave parov za posamezno MK glede na vrsto obroka in način reje. Rezultati obsegajo posamezne MK (C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 n-6, C18:3 n-3 in KLK) in posamezne skupine MK (NMK, ENMK, VNMK, RMK, n-3 VNMK, n-6 VNMK) ter razmerje med n-6 in n-3 VNMK.

V vzorcih mleka je bilo prisotnih 39 MK, od tega 13 nasičenih, ki predstavljajo 67,27 % vseh MK. V našo raziskavo smo vključili le tiste NMK, katerih količina presega 1 % in so bile analizirane tudi v sirih. V vzorcih sirov, izdelanih iz pridobljenih vzorcev mleka, je bilo prisotnih 58 MK, od tega 18 nasičenih, ki predstavljajo 66,97 % vseh MK. Razlika v odstotku med vsebnostjo NMK v mleku in v iz njih izdelanih sirih ni statistično značilna, kar je v skladu z rezultati Lucas in sod. (2006). Tako pri mleku kakor pri sirih je prevladovala palmitinska kislina s 30,60 % v mleku in 30,39 % v siru. Sledita ji miristinska in stearinska z 11,89 % in 10,92 % v mleku ter 11,68 % in 10,95 % v siru. Preostanek NMK predstavljajo

lavrinska, kaprinska, kaprilska in kaprojska kislina, ki skupno predstavljajo ostalih 9,31 % v mleku in 9,30 % v siru.

Če MK lavrinsko, miristinsko in palmitinsko razdelimo v tri skupine glede na delež kot nizek, srednji in visok, lahko rečemo, da smo na vseh treh nivojih imeli visoke korelacijske koeficiente.

NMK sledijo ENKM, kjer slednjim v literaturi pripisujejo ugodne učinke na zniževanje »slabega« holesterola (LDL) in zmerno zvišanje »dobrega« holesterola (HDL) v krvi (Garg, 1998). V mleku predstavljajo 28,41 % in v siru 28,58 % vseh MK. Največji delež med šestnajstimi ENMK, ki smo jih določili v siru in desetimi v mleku, predstavlja oleinska MK in sicer 24,66 % v mleku in 25,10 % v siru. Za razliko od Lucas in sod. (2006), katerih povečanje deleža oleinske MK ni bila statistično značilno, je v naši analizi to zvišanje bilo statistično značilno. Tri četrtine (75 %) preostalega deleža ENMK predstavljata miristooleinska (C14:1) in palmitoleinska kislina (C16:1) z 1 % in 1,6 % deležem tako v mleku kot v sirih.

Določili smo še 9 MK v mleku in 17 v siru, ki sestavljajo skupino VNMK. Mleko je v povprečju vsebovalo 4,32 % VNMK, medtem ko jih je bilo v siru 4,45 %, razlika je bila statistično značilna. Pomembnejše VNMK so linolna,  $\alpha$ -linolenska in konjugirana linolna kislina. Mleko je v povprečju vsebovalo 2,19 % linolne, 0,70 %  $\alpha$ -linolenske in 0,82 % KLK. Povprečne vsebnosti v sirih so bile 2,25 % linolne, 0,72 %  $\alpha$ -linolenske in 0,85 % KLK. V analiziranih vzorcih so bile vsebnosti KLK višje v primerjavi z literaturo, kjer se vsebnosti gibljejo med 0,50 in 0,56 % (Dave in sod., 2002; Lucas in sod., 2006; Bergamo in sod., 2003). Dane vsebnosti veljajo za vse naše vzorce, vključujoč tiste z ekoloških kmetij, kjer je večja vsebnost KLK kot pri konvencionalni reji. Večjo vsebnost KLK v ekološki reji po navedbah Bisig in sod. (2007) gre iskati predvsem v večji vsebnosti VNMK v krmi, ki se uporablja pri takšnem načinu reje. Posledično je več možnosti, da se skozi biohidrogenacijo tvori KLK tudi v vampu.

Preverili smo tudi skupini n-6 in n-3 VNMK ter njuno razmerje. Mleko je v povprečju vsebovalo 0,92 % n-3 in 2,56 % n-6 VNMK. Razmerje med n-6 in n-3 v mleku je znašalo 3,22:1. Sir je povprečno vseboval 0,92 % n-3 in 2,66 % n-6 VNMK. Razmerje med n-6 in



n-3 v siru znaša 3,31:1. V zahodni civilizaciji je zaradi velike uporabe rastlinskih olj, ki so bogata z n-6 MK, in manjšim uživanjem n-3 MK razmerje med 15:1 in 16,7:1 (Connor, 2000; Simopoulos, 2002). Za ugodno razmerje med n-6 in n-3 se smatra 1:1 (Simopoulos, 2002), tako v analiziranem mleku kot sirih imamo zelo ugodno razmerje in je v skladu z rezultati Ellis in sod. (2006). RMK je bilo v mleku v povprečju 2,06 % medtem, ko je bilo v siru 2,26 %.

Z uporabo metode primerjave parov (paired comparison) smo primerjali povprečno vsebnost posamezne MK v mleku in odšteli povprečno vsebnost iste MK v siru. Pričakovati je povišanje NMK na račun VNMK kot posledica procesov predelave mleka v sire in povišanje deleža RMK kot posledica delovanja mikroorganizmov v procesu fermentacije. Podatke smo primerjali glede na način reje (konvencionalno, ekološko) in obrok (poletni, zimski). Pri pregledu vseh vzorcev so se statistično značilno znižale v sirih vsebnosti C12:0 in C14:0 in zvišala vsebnost C8:0. Sprememba slednje in C14:0 sta bili statistično značilni tudi pri Lucas in sod. (2006). Statistično značilno so se povišale vsebnosti C18:1, C18:2 n-6 in C18:3 n-6. Med posameznimi skupinami MK so se statistično značilno povišale vsebnosti VNMK, RMK in n-6 VNMK.

Pri pregledu primerjave parov glede na način reje, se v ekološki reji ni statistično značilno spremenila posamezno nobena MK, je pa opaziti določene trende ( $0,05 < P < 0,1$ ) pri C 12:0, C14:0, C18:2 n-6 in C18:3 n-6. Pri pregledu po posameznih skupinah MK so se statistično značilno zvišale VNMK, RMK in n-6 VNMK, kar je v skladu z rezultati Rego in sod. (2004). Statistično značilna je bila tudi širitev razmerja med n-6 in n-3 VNMK. Več sprememb je bilo pri konvencionalni reji. Statistično značilno se je znižala vsebnost C14:0 in zvišala vsebnost C6:0, C8:0 in C18:3 n-6. Med skupinami MK je bilo statistično značilno le zvišanje deleža RMK. Pri VNMK in n-6 VNMK so opazni določeni trendi ( $0,05 < P < 0,1$ ).

Pri primerjavi parov glede na obrok se je statistično zvišal delež C8:0 MK in skupine RMK tako v zimskem kot v poletnem obroku. Statistično značilno je bilo še znižanje C10:0, C12:0 in C 14:0 v poletnem obroku in zvišanje C18:2 n-6 in C18:3 n-6 v zimskem obroku. V zimskem obroku so se statistično značilno zvišali deleži VNMK in n-6 VNMK. Statistično značilno se je zvišalo tudi razmerje med n-6 in n-3 VNMK. Podatki za VNMK se ujemajo s

podatki iz literature (Ellis in sod., 2006; Bergamo in sod., 2003), pri Bergamo in sod. (2003) je bila statistično značilna tudi sprememba KLK.

Preverjali smo korelacijo med deleži posameznih MK v vseh vzorcih mleka in sirih, izdelanih iz tega mleka, ne glede na sezono in način reje za naslednje MK C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 n-6, C18:3 n-3 in KLK ter skupine MK. Iz rezultatov je razvidno, da obstaja močna povezava med MK sestavo mleka in MK sestavo sirov. Vse analizirane MK so imele visoke korelacijske koeficiente, ki se gibljejo med 0,85 in 0,97. Iz tega lahko razberemo, da ima največji vpliv na MK sestavo sirov MK sestava mleka, kar je v skladu z rezultati Lucas in sod. (2005), ki so analize opravili na treh vrstah francoskih sirov. O možnih vplivih, ki vplivajo na spremembo deleža KLK, ki se prenese v sir v skoraj nespremenjenem deležu, obstaja veliko literature. Morebitne spremembe v deležu KLK Lucas in sod. (2005) pripisujejo oksidaciji med segrevanjem mleka in zorenjem ter starterski kulturi, ki pretvarja prosto linolno MK v KLK, vendar so te spremembe zanemarljive. Lucas in sod. (2005) ter Lin in sod. (1999) zaključujejo, da tehnološki proces nima vpliva na MK sestavo sirov, kar je v skladu z našimi rezultati. Tudi za posamezne skupine MK in razmerje med n-6 in n-3 MK so bili korelacijski koeficienti visoki in obsegajo vrednosti med 0,84 in 0,96.

## 5.2 SKLEPI

Na osnovi opravljene primerjave deležev MK v mleku in sirih lahko oblikujemo sledeče sklepe:

- Pri primerjavah parov mleko - sir smo v skupini NMK ugotovili statistično značilne spremembe, vendar te spremembe nimajo vpliva na skupne NMK. Prav tako ni statistično značilnih sprememb v deležih ENMK.
- V sirih je delež RMK višji kot v mleku, vendar je ta sprememba majhna (0,2 %) in v prehrani ljudi nepomembna.
- KLK se, tako kot skupne n-3 VNMK, prenese nespremenjena iz mleka v sir.
- Največje razlike glede na rejo in obroke smo ugotovili pri deležu n-6 VNMK. V vseh primerih se je statistično značilno zvišal delež n-6 VNMK v sirih, kar se je odražalo na zvišanju skupnih VNMK. Statistično značilno zvišanje n-6 VNMK v sirih je pomenilo, ob nespremenjeni količini n-3 VNMK, statistično značilno povišanje razmerja med n-6 in n-3 VNMK.
- S podanimi enačbami lahko z veliko natančnostjo napovemo MK sestavo sirov iz MK sestave mleka. Korelacijski faktorji se gibljejo med 0,84 in 0,97. Iz teh podatkov lahko zaključimo, da tehnološki proces nima pomembnejšega vpliva na MK sestavo sirov.
- Največji vpliv na MK sestavo sira ima MK sestava mleka, na katero ima največji vpliv prehrana molznic.

## 6 POVZETEK

V nalogi smo primerjali MK sestavo mleka in iz njega izdelanih sirov z namenom ugotoviti, če lahko napovemo MK sestavo sirov iz MK sestave mleka. Z metodo paired comparison smo testirali razlike povprečnih deležev, tako da smo od povprečne vrednosti mleka odšteli povprečno vrednost v siru. Testirali smo tako posamezne MK kot skupine MK pri vseh parih, nato smo razlike v sestavi testirali še glede na način reje (ekološka, konvencionalna) in glede na obrok (poletni, zimski).

V raziskavo smo vključili 31 vzorcev kravjega mleka z enajstih kmetij in petih mlekarn, ter 32 vzorcev sirov, izdelanih iz tega mleka v letu 2005. Vzorci so bili zbrani na območju celotne Slovenije. Mleko iz mlekarn je bilo pridelano na konvencionalen način (KONV; n=5), medtem ko so se kmetije razlikovale po načinu reje na ekološke (EKO; n=4) in konvencionalne (KONV; n=7). Vzorce smo nadalje razdelili na mleko in iz njih izdelane sire, pri čemer so bile molznice krmljene s poletnim (POL; n=16) ter zimskim obrokom (ZIM; n=15). Mleko in siri so se razlikovali po regiji prireje in tehnologiji izdelave. Na kmetijah se večinoma izdelujejo tradicionalni siri kot npr. na Goriškem Tolminc. V mlekarnah prevladujejo tuje bolj popularne vrste sirov, kot sta ementalski in gavda. Zimski siri so v povprečju zoreli 55 dni, poletni siri pa 54 dni.

Testiranje vseh vzorcev z metodo paired comparison je pokazalo, da so statistično značilne spremembe določenih MK (C8:0, C12:0, C14:0, C18:2 n-6 in C18:3 n-6). Med posameznimi MK se je najbolj statistično značilno zvišal v siru delež oleinske MK in sicer za 0,44 odstotne točke. Pri predelavi mleka v sir so se statistično značilno zvišali deleži tako VNMK, RMK kot n-6 VNMK. Pri testiranju razlik vzorcev mleka in sirov iz ekološke reje ni bilo nobenih statistično značilnih razlik med deleži posameznih MK. Statistično značilno so se v siru zvišali ENMK, RMK, VNMK in n-6 VNMK. Statistično značilna je bila tudi razširitev razmerja med n-6 in n-3 VNMK. Pri konvencionalni reji so se statistično značilno znižali deleži C6:0, C8:0, C12:0 in C18:3 n-6 v siri v primerjavi z mlekom, delež C14:0 se je pri predelavi mleka v sir povišal. Med skupinami MK je bilo statistično značilno le zvišanje RMK v siri. Pri rezultatih, testiranih glede na obrok, so se tako v poletnem kot zimskem obroku statistično značilno povišali deleži RMK in posameznih NMK v siru v primerjavi z mlekom, iz katerega so bili siri izdelani. Poleg RMK so se v zimskem obroku statistično

značilno spremenile še vsebnosti VNMK in n-6 VNMK. Statistično značilna je bila tudi sprememba razmerja med n-6 in n-3 VNMK. Znotraj skupine VNMK sta se statistično značilno spremenila deleža C18:2 n-6 in C18:3 n-6 MK.

Preverjali smo korelacijo med deleži posameznih MK v vseh vzorcih mleka in sirih, izdelanih iz tega mleka. Vse analizirane MK so imele visoke korelacijske koeficiente med deležem določene MK ali skupine MK v mleku in sirih, izdelanih iz tega mleka, ki se gibljejo med 0,85 in 0,97. Tudi za skupine MK in razmerje med n-6 in n-3 MK so bili korelacijski koeficienti visoki in obsegajo vrednosti med 0,84 in 0,96. Iz tega lahko razberemo, da ima največji vpliv na MK sestavo sirov MK sestava mleka in da tehnološki proces nima znatnejšega vpliva na MK sestavo sirov. S podanimi enačbami v obliki  $\%_{\text{sir}} = k \%_{\text{mleko}} + n$  lahko z veliko natančnostjo napovemo MK sestavo sirov iz MK sestave mleka.

## 7 VIRI

- Academy of Nutrition and Dietetics. 2014. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Dietary Fatty Acids for Healthy Adults. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 114: 136-153
- Bajt N., Golc-Teger, S. 2002. Kravje mleko. V: Izdelava jogurta, skute in sira. Ljubljana, Kmečki glas: 142 str.
- Bavec M., Bavec F., Repič P., Flisar Novak Z., Postrak N., Bantan I., Pevec T., Maljevič J., Matis G., Miklavc J., Pšaker P., Darovic A., Golež M., Aleksič V., Štabuc-Starčević D., Ambrožič I., Zupančič M., Slabe A., Tkalčič E., Orešek E. 2001. Ekološko kmetijstvo. Ljubljana, Kmečki glas: 448 str.
- Bisig W., Eberhard P., Collomb M., Rehberger B. 2007. Influence of processing on the fatty acid composition and the content of conjugated linoleic acid in organic and conventional dairy products - a review. *Lait*, 87: 1–19. DOI: 10.1051/lait:2007001
- Bogataj J. 1999. Mleko. Ljubljana, Založba Rokus: 98 str.
- Bonanno A, Tornambè G, Bellina V, De Pasquale C, Mazza F, Maniaci G, Di Grigoli A. 2013. Effect of farming system and cheesemaking technology on the physicochemical characteristics, fatty acid profile, and sensory properties of Caciocavallo Palermitano cheese. *Journal of Dairy Science*, 96: 710-24. doi: 10.3168/jds.2012-5973.
- Bergamo P., Fedele E., Iannibelli L., Marzillo G. 2003. Fat-soluble vitamin contents and fatty acid composition in organic and conventional Italian dairy products. *Food Chemistry*, 82: 625–631
- Connor W.E. 2000. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71:171S-5S
- Collins Y.F., McSweeney P.L.H., Wilkinson M.G. 2003. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. *International Dairy Journal*, 13: 841–866
- Coppa M., Chassaing C., Ferlay A., C. Agabriel C., Laurent C., Borreani G., Barcarolo R., Baars T., Kusche D., m.Harstad O., Verbič J., Golecky J., Delavaud C., Chilliard Y., Martin B. 2015. Potential of milk fatty acid composition to predict diet composition and authenticate feeding systems and altitude origin of European bulk milk. *Journal of Dairy Science*, 98: 1539-1551. doi: 10.3168/jds.2014-8794
- Dave D.I., Ramaswamy N., Baer R.J. 2002. Changes in fatty acid composition during yogurt processing and their effects on yogurt and probiotic bacteria in milk procured from cows fed different diets. *Australian Journal of Dairy Technology*, 57: 197–202
- Elgersma A., Wever A. C., Nałęcz-Tarwacka T. 2006. Grazing versus indoor feeding: effects on milk quality. V: Sustainable grassland productivity: Proceedings of the 21st General

- Meeting of the European Grassland Federation, Bajadoz, Spain, 3.-6. April 2006, Lloveras J., Gonzales-Rodriuez A., Vazquez-Yanez O., Pineiro J., Santamaria O., Olea L., Poblacionez M.J. (ur.), Madrid. European Grassland Federation: 419-427
- Ellis K.A., Innocent G., Grove-White D., Cripps P., McLean W.G., Howard C.V., Mihm M. 2006. Comparing the fatty acid composition of organic and conventional milk. *Journal of Dairy Science*, 89: 1938–1950
- Garg A. 1998. High-monounsaturated-fat diets for patients with diabetes mellitus: a meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 67: 577S-582S
- Hawke, J.C., Taylor, M.W. 1994. Influence of nutritional factors on the yield, composition and physical properties of milk fat. V: *Advanced Dairy Chemistry Vol. 2: Lipids*. Fox P.F. (ur.). London. Chapman and Hall, pp 37-88
- Herzallah S.M., Humeid M.A., Al-Ismael K.M. 2005. Effect of heating and processing methods of milk and dairy products on conjugated linoleic acid and trans fatty acid isomer content. *Journal of Dairy Science*. 88: 1301–1310
- Jahreis G., Fritsche J., Möckel P., Schöne F., Möller U., Steinhart H. 1999. The potential anticarcinogenic conjugated linoleic acid, cis-9,trans-11 C18:2, in milk of different species: Cow, goat, ewe, sow, mare, woman. *Nutrition Research*, 19: 1541-1549
- Jensen R.G. 2000. Fatty acids in milk and dairy products. V: *Fatty acids in foods and their health implications*. Chow C.K. (ur.). New York, Marcel Dekker: 109-123
- Jurca U. 2008. Maščobnokislinska sestava sirov v Sloveniji. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 54 str.
- Kapš P. 2004. Mleko za zdravje. Ljubljana, Založba Karantanija: 232 str.
- Khanal R. C., Dhiman T.R. 2004. Biosynthesis of conjugated linoleic acid (CLA): A review. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3: 72-81
- Levart A., Salobir J., Lavrenčič A. 2003. Vpliv prehrane živali na maščobnokislinsko sestavo mleka. V: *Zbornik predavanj 12. posvetovanja o prehrani domačih živali "Zdravčevi-Erjavčevi dnevi"*. Radenci, 6. in 7. nov. 2003. Pen, A. (ur.), Murska Sobota, Kmetijsko gozdarska zbornica: 33-45
- Lin T.Y., Lin C.W., Lee C.H. 1999. Conjugated linoleic acid concentration as affected by lactic cultures and added linoleic acid. *Food Chemistry*, 67:1–5
- Lobb K., Chow C.K. 2000. Fatty acids classification and nomenclature. V: *Fatty acids in food and their health implications*. Chow C.K. (ur.). New York, Marcel Dekker: 1-16
- Lucas A., Rock E., Chamba J-F., Verdier-Metz I., Brachet P., Coulon J-B. 2005. Respective effects of milk composition and the cheese-making process on cheese compositional variability in components of nutritional interest. *Lait*, 86: 21–41. doi: 10.1051/lait:2005042

- Markiewicz-Kęszycka M., Czyżak-Runowska G., Lipińska P., Wójtowski J. 2013. Fatty acid profile of milk - a review. *Bulletin- Veterinary Institute in Pulawy*, 57: 135-139
- Michalski M.A., Briard V., Juaneda P. 2005. CLA profile in native fat globules of different sizes selected from raw milk. *International Dairy Journal*, 15: 1089–1094
- Milk production. FAO (1.jun.2016)  
[http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/milk-production/en/#.U7bWXP1\\_unJ](http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/milk-production/en/#.U7bWXP1_unJ)  
(1.jun.2016)
- Mleko, mlečni proizvodi in mlečne kvote. (1.jun.2016)  
[http://www.mko.gov.si/si/delovna\\_podrocja/kmetijstvo/kmetijski\\_trgi/mleko\\_mlecni\\_p\\_roizvodi\\_in\\_mlecne\\_kvote/](http://www.mko.gov.si/si/delovna_podrocja/kmetijstvo/kmetijski_trgi/mleko_mlecni_p_roizvodi_in_mlecne_kvote/) (1.jun.2016)
- Murphy K.J., Crichton G.E., Dyer K.A., Coates A.M., Pettman T.L., Milte C., Thorp A.A., Berry N.M., Buckley J.D., Noakes M., Howel P.R.C. 2013. Dairy foods and dairy protein consumption is inversely related to markers of adiposity in obese men and women. *Nutrients*, 5: 4665–4684
- Nudda A., McGuire M.A., Battacone G., Pulina G. 2005. Seasonal variation in conjugated linoleic acid and vaccenic acid in milk fat of sheep and its transfer to cheese and ricotta. *Journal of Dairy Science*, 88: 1311–1319
- Parodi P.W. 2004. Milk fat in human nutrition. *Australian Journal of Dairy Technology*, 59: 3-59
- Pereira P. C. 2014. Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition*, 30: 619–627
- Pirman T., Levart A., Lavrenčič A. 2014. Prireja mleka iz mrve in njegova maščobnokislinska sestava. V: Zbornik predavanj 23. mednarodnega posvetovanja o prehrani domačih živali »Zdravčevi-Erjavčevi dnevi«. Radenci 13. in 14. november 2014. Čeh T. (ur.), Kapun S. (ur.), Murska sobota, Kmetijsko gozdarska zbornica: 137-142
- Precht D., Molкетин J. 1997. Vergleich der Fettsäuren und der Isomerenverteilung des trans-C18:1-fettsäuren von Milchfett, Margarine, Bäck und Diätfetten. *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte*, 49: 17-34
- Rego O. A., Portugal P. V., Sousa M. B., Rosa H. J. D., Vouzela C. M., Borba A. E. S., Bessa R. J. B. 2004. Effect of diet on the fatty acid pattern of milk from dairy cows. *Animal Research*, 53: 213–220
- Repič P., Bavec M., Stabuc Starčević D., Vučko I. 2005. Dovoljena sredstva za ekološko kmetijstvo. Maribor, Fakulteta za kmetijstvo, Inštitut za kontrolo in certifikacijo v kmetijstvu : 119 str.



- Sieber R., Collomb M., Aeschlimann A., Jelen P., Eyer H. 2004. Impact of microbial cultures on conjugated linoleic acid in dairy products—a review. *International Dairy Journal*, 14: 1–15.
- Simopoulos A.P. 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56: 365–379
- Slanovec T. 1982. *Sirarstvo*. Ljubljana. Kmečki glas: 175 str.
- Stibilj V., Koman-Rajšp M. 1997. Determination of fatty acids composition of winter consumer and UHT milk samples in Slovenia. *Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo (Zootehnika)*, 70: 187-194
- Vlaeminck B., Fievez V., Cabrita A.R.J., Fonseca A.J.M., Dewhurst R.J. 2006. Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk – review. *Animal Feed Science and Technology*, 131: 389–417
- Železnikar P. 2007. Vpliv načina reje na maščobnokislinsko sestavo mleka. *Diplomsko delo*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 51 str.
- Žgajnar J. 1990. *Prehrana in krmljenje goved*. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 564 str.

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Andreju Lavrenčiču in asist. dr. Alenki Levart za potrpežljivost pri izdelavi diplomske naloge v vseh teh letih, za vzpodbudne besede in motiviranje. Najlepša hvala tudi sošolki Petri in celotni Katedri za prehrano za prijaznost in vzpodbudne besede. Zahvala domačim in sinu Mirtu za sleherni trenutek sreče.

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Miroslav KEVIĆ

**PRIMERJAVA VSEBNOSTI MAŠČOBNIH KISLIN V  
MLEKU IN SIRIH**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2016