

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Urška JURCA

**MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA SIROV V SLOVENIJI**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**FATTY ACIDS COMPOSITION OF SLOVENIAN CHEESES**

GRADUATION THESIS  
University studies

Ljubljana, 2008

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija kmetijstva – zootehniko. Opravljeno je bilo na Katedri za prehrano, Oddelka za zootehniko, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

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

Recenzentka: prof. dr. Irena Rogelj

Komisija za oceno in zagovor:

- Predsednik: prof. dr. Jurij POHAR  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko
- Član: prof. dr. Andrej LAVRENČIČ  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko
- Član: asist. dr. Alenka LEVART  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko
- Član: prof. dr. Irena ROGELJ  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Urška JURCA

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn  
DK UDK 637.3(043.2)=163.6  
KG mlečni izdelki/siri/sestava/maščobne kisline/Slovenija  
KK AGRIS Q04/9430  
AV JURCA, Urška  
SA LAVRENCIČ, Andrej (mentor)/LEVART, Alenka (somentorica)  
KZ SI-1230 Domžale, Groblje 3  
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko  
LI 2008  
IN MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA SIROV V SLOVENIJI  
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)  
OP X, 54 str., 15 pregl., 7 sl., 51 vir.  
IJ sl  
JI sl/en  
AI V nalogi smo želeli ugotoviti maščobnokislinsko sestavo sirov, narejenih v Sloveniji, v poletni in zimski sezoni. Zato smo v letu 2005 na celotnem ozemlju Slovenije zbrali 33 vzorcev sirov, od katerih je bilo 16 narejenih na konvencionalnih in 5 na ekoloških kmetijah, 12 vzorcev pa so predstavljali siri slovenskih mlekarn. Sedem vzorcev sirov s konvencionalnih kmetij je bilo narejenih iz mleka krav, ki so bile v pretežni meri krmljene s poletnim obrokom (MPO), medtem ko so bili preostali siri (9) narejeni iz mleka krav, krmljenih z zimskim obrokom (MZO). Na ekoloških kmetijah so bili iz MPO narejeni 4 siri, iz MZO pa 1, medtem ko je bilo v mlekarnah iz MPO narejenih 5 sirov, iz MZO pa 7 sirov. Siri so v povprečju vsebovali 67,60 % nasičenih MK (NMK), 27,77 % enkrat nenasičenih MK (ENMK) in 4,64 % večkrat nenasičenih MK (VNMK). Med posameznimi MK je bila najbolj zastopana palmitinska kislina (29,82 %), po deležu pa so ji sledile oleinska (20,87 %), miristinska (11,50 %) in stearinska (10,73 %) kislina. Siri, narejeni iz MPO na konvencionalnih kmetijah, so vsebovali manjši delež NMK (67,72 %) in večji delež ENMK (27,80 %), VNMK (4,48 %) in MK s trans konfiguracijo dvojnih vezi (TRANS MK, 3,06 %), kot siri, narejeni na teh kmetijah iz MZO (70,12 % NMK, 25,81 % ENMK, 4,07 % VNMK in 2,48 % TRANS MK). Siri, narejeni iz MPO na konvencionalnih kmetijah so vsebovali tudi večje deleže konjugirane linolne kisline (KLK, 0,81 %) in vakuenske kisline (1,96 %), imeli pa so tudi širše razmerje med n-6 in n-3 VNMK (3,03), kot siri, narejeni iz MZO (0,58 % KLK, 1,35 % vakuenske kisline in razmerje med n-6 in n-3 2,88). Podobne, le nekoliko manjše deleže NMK oz. večje deleže ENMK, VNMK in TRANS MK so vsebovali siri, narejeni iz MPO v mlekarnah. Delež NMK je bil v siri, narejenih iz MPO najmanjši na ekoloških kmetijah (58,56 %), medtem ko so bili deleži ENMK, VNMK in TRANS MK v teh siri največji (34,06 % ENMK, 7,37 % VNMK in 6,93 % TRANS MK). Ti siri so vsebovali tudi več KLK (1,73 %) in vakuenske kisline (4,77 %) ter imeli ožje razmerje med n-6 in n-3 VNMK, kot siri, narejeni iz MPO na konvencionalnih kmetijah in v mlekarnah. Siri, narejeni v mlekarnah iz MZO so vsebovali več NMK (70,45 %) in manj ENMK (25,56 %), VNMK (4,00 %) in TRANS MK (2,29 %) ter imeli ožje razmerje med n-6 in n-3 VNMK (2,78), kot siri iz MZO, narejeni na konvencionalnih kmetijah (70,12 % NMK, 25,81 % ENMK, 4,07 % VNMK, 2,48 % TRANS MK in razmerje med n-3 in n-6 VNMK 2,88). Ti siri so vsebovali tudi manjši delež KLK (0,54 %) in vakuenske kisline (1,27 %), kot siri, narejeni iz MZO na konvencionalnih kmetijah (0,58 % KLK in 1,35 % vakuenske kisline). Siri, narejeni iz MZO v mlekarnah so vsebovali manjši delež NMK (70,45 %), VNMK (4,00 %) in TRANS MK (2,29 %) ter večji delež ENMK (25,56 %), kot sir, narejen iz MZO na ekološki kmetiji (70,62 % NMK, 4,98 % VNMK, 3,53 % TRANS MK in 24,40 % ENMK). Ti siri so vsebovali tudi manj KLK (0,54 %) in vakuenske kisline (1,27 %) ter imeli širše razmerje med n-6 in n-3 VNMK (2,78), kot sir, narejen iz MZO na ekološki kmetiji (0,89 % KLK, 2,38 % vakuenske kisline in razmerje med n-6 in n-3 VNMK 1,67).

## KEY WORDS DOCUMENTATION

ŠD Dn  
DK UDC 637.3(043.2)=163.6  
KG milk products/cheese/composition/fatty acids/Slovenia  
KK AGRIS Q04/9430  
AV JURCA, Urška  
SA LAVRENČIČ, Andrej (supervisor)/LEVART, Alenka (co-supervisor)  
KZ SI-1230 Domžale, Groblje 3  
ZA University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Animal Science  
LI 2008  
IN FATTY ACIDS COMPOSITION OF SLOVENIAN CHEESES  
TD Graduation Thesis (University studies)  
OP X, 54 p., 15 tab., 7 fig., 51 ref.  
IJ sl  
JI sl/en  
AI In this thesis we were trying to establish the fatty acid composition of cheeses made in Slovenia in the summer and winter season. We collected 33 cheese samples in the year 2005 on the entire territory of Slovenia. 16 samples were obtained from conventional farms, 5 from ecological farms and 12 from dairies. 7 cheese samples collected from conventional farms were made from cow's milk, mostly fed with summer rations (MSR), the rest of the cheeses (9) were made from cow's milk fed with winter rations (MWR). Four cheeses were made from MSR on the ecological farms and one from MWR. The cheeses from the dairies were made as follows: 5 from MSR and 7 from MWR. Cheeses contained on average 67.60 % saturated fatty acids (SFA), 27.77 % monounsaturated fatty acids (MUFA) and 4.64 % polyunsaturated fatty acids (PUFA). Between the individual fatty acids (FA) palmitic prevailed (29.82 %), followed by the oleic (20.87 %), myristic (11.50 %) and stearic acid (10.73 %). The cheeses made from MSR, on the conventional farms, contained lower amounts of SFA (67.72 %) and higher amounts of MUFA (27.80 %), PUFA (4.48 %) and fatty acids with trans configuration of double bond (TRANS FA, 3.06 %), compared to cheeses from the same farms made from MWR (70.12 % SFA, 25.81 % MUFA, 4.07 % PUFA and 2.48 % TRANS FA). Cheeses, made from MSR on the conventional farms also contained higher amounts of conjugated linoleic acid (CLA, 0.81 %) and vaccenic acid (1.96 %). At the same time they had higher n-6 to n-3 PUFA ratio (3.03) than cheeses made from MWR (0.58 % CLA, 1.35 % vaccenic acid and the n-6 to n-3 ratio 2.88). Similar, only lower amounts of SFA or higher amounts of MUFA, PUFA and TRANS FA were present in the cheeses made from MSR in the dairies. The amount of SFA was the lowest in the cheeses made from MSR on the ecological farms (58.56 %). At the same time the amounts of MUFA, PUFA and TRANS FA were the highest (34.06 % MUFA, 7.37 % PUFA and 6.93 % TRANS FA). These cheeses also contained more CLA (1.73%) and vaccenic acid (4.77 %) and had lower n-6 to n-3 PUFA ratio, compared to the cheeses made from MSR on the conventional farms and in dairies. Cheeses made in the dairies from MWR contained more SFA (70.45 %) and less MUFA (25.56 %), PUFA (4.00 %) and TRANS FA (2.29 %), they also had lower n-6 to n-3 PUFA ratio (2.78) compared to the cheeses from MWR made on conventional farms (70.12 % SFA, 25.81 % MUFA, 4.07 % PUFA, 2.48 % TRANS FA and n-6 to n-3 PUFA ratio 2.88). These cheeses also contained lower amount of CLA (0.54%) and vaccenic acid (1.27 %), as did the cheeses made from MWR on the conventional farms (0.58 % CLA and 1.35 % vaccenic acid). The cheeses made from MWR in the dairies contained lower amounts of SFA (70.45 %), PUFA (4.00 %) and TRANS FA (2.29 %) and higher amounts of MUFA (25.56 %) than the ones made from MWR on the ecological farm (70.62 % SFA, 4.98 % PUFA, 3.53 % TRANS FA and 24.40 % MUFA). These cheeses also contained less CLA (0.54 %) and the vaccenic acid (1.27 %) and had higher n-6 to n-3 PUFA ratio (2.78) compared to cheeses made from MWR on ecological farm (0.89 % CLA, 2.38 % vaccenic acid and n-6 to n-3 PUFA ratio 1.67).

## KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI) .....	III
Key words documentation (KWD).....	IV
Kazalo vsebine.....	V
Kazalo preglednic .....	VIII
Kazalo slik .....	IX
Okrajšave in simboli.....	X
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2 PREGLED OBJAV .....</b>	<b>3</b>
2.1 PROIZVODNJA SIROV V EVROPI .....	3
2.2 IZDELAVA SIRA .....	5
2.3 DELITEV SIROV .....	7
<b>2.3.1 Najpomembnejši siri na slovenskem trgu .....</b>	<b>9</b>
2.4 SESTAVA IN LASTNOSTI SIROV .....	12
<b>2.4.1 Vplivi na sestavo in lastnosti sira .....</b>	<b>13</b>
2.4.1.1 Beljakovine.....	13
2.4.1.2 Laktoza .....	13
2.4.1.3 Rudninske snovi, vitamini in voda .....	14
2.4.1.4 Maščoba.....	14
<b>2.4.2 Maščobnokislinska sestava sirov .....</b>	<b>15</b>
<b>2.4.3 Variabilnost maščobnokislinske sestave sirov .....</b>	<b>17</b>
2.4.3.1 Vpliv prehrane krav molznic na maščobnokislinsko sestavo sira .....	17

<b>2.4.4</b>	<b>Vpliv maščobnih kislin na zdravje ljudi.....</b>	<b>19</b>
2.4.4.1	Konjugirana linolna kislina .....	19
2.4.4.2	Maslena kislina.....	21
<b>3</b>	<b>MATERIAL IN METODE.....</b>	<b>22</b>
3.1	MATERIAL.....	22
3.2	METODE DELA .....	22
<b>3.2.1</b>	<b>Priprava vzorcev sirov za analizo .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Priprava metilnih estrov za določanje maščobnih kislin s plinsko kromatografijo.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Analitska oprema in pogoji analize.....</b>	<b>23</b>
3.3	STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV .....	24
<b>3.3.1</b>	<b>Statistični model.....</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>REZULTATI.....</b>	<b>26</b>
4.1	VSEBNOSTI POSAMEZNIH MAŠČOBNIH KISLIN TER SKUPIN MAŠČOBNIH KISLIN V ANALIZIRANIH SIRIH .....	26
4.2	VPLIV SEZONE PRIREJE MLEKA NA MAŠČOBNOKISLINSKO SESTAVO SIRA S KONVENCIONALNIH KMETIJ IN MLEKARN.....	28
<b>4.2.1</b>	<b>Siri s konvencionalnih kmetij .....</b>	<b>28</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Siri iz mlekarn.....</b>	<b>30</b>
4.3	MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA SIROV, IZDELANIH NA EKOLOŠKIH KMETIJAH .....	32

<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI.....</b>	<b>35</b>
5.1	RAZPRAVA.....	35
5.1.1	<b>Proizvodnja in poraba sirov v Evropi .....</b>	<b>35</b>
5.1.2	<b>Primerjava maščobnokislinske sestave sirov .....</b>	<b>37</b>
5.1.3	<b>Vpliv sezone prireje mleka krav molznic na maščobnokislinsko sestavo sira.....</b>	<b>38</b>
5.1.4	<b>Razmerje n-6 in n-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin .....</b>	<b>41</b>
5.1.5	<b>Konjugirana linolna kislina .....</b>	<b>41</b>
5.2	SKLEPI.....	43
<b>6</b>	<b>POVZETEK.....</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>VIRI .....</b>	<b>48</b>
	<b>ZAHVALA</b>	

## KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Najpogostejši siri na slovenskem trgu (Mavrin in Oštir, 2002) .....	9
Preglednica 2: Sestava (%) nekaterih sirov (Slanovec, 1982).....	12
Preglednica 3: Maščobnokislinska sestava različnih vrst sirov (masni delež, %) (Jensen, 1992; Chow, 1992, cit. po Koman-Rajšp in Stibilj, 2000).....	16
Preglednica 4: Maščobnokislinska sestava sirov, narejenih iz MPO (n=24) in MZO (n=42) (Zeppa in sod., 2003).....	18
Preglednica 5: Vsebnost maščob (%) in KLK (mg/g maščobe) v sirih, narejenih iz kravjega mleka (Prandini in sod., 2007) .....	21
Preglednica 6: Osnovni statistični parametri za posamezne MK ( %) v vseh analiziranih vzorcih sira (n=33) .....	27
Preglednica 7: Osnovni statistični parametri za skupine MK (%) in razmerje med n-6 in n-3 VNMK v vseh analiziranih vzorcih sira (n=33) .....	28
Preglednica 8: Masni deleži (%) MK v sirih, izdelanih na kmetijah s konvencionalnim načinom reje (poletna (MPO) in zimška (MZO) sezona oz. obrok) .....	29
Preglednica 9: Masni deleži (%) skupin MK v sirih, izdelanih na kmetijah s konvencionalnim načinom reje (poletna (MPO) in zimška (MZO) sezona oz. obrok), ter razmerje med n-6 in n-3 VNMK .....	30
Preglednica 10: Masni deleži (%) MK v sirih, izdelanih v mlekarnah (poletna (MPO) in zimška (MZO) sezona oz. obrok) .....	31
Preglednica 11: Masni deleži (%) skupin MK v sirih, izdelanih v mlekarnah (poletna (MPO) in zimška (MZO) sezona oz. obrok), ter razmerje med n-6 in n-3 VNMK .....	32
Preglednica 12: Maščobnokislinska sestava (%) sirov, izdelanih na ekoloških kmetijah (poletna (MPO) in zimška (MZO) sezona oz. obrok).....	33
Preglednica 13: Povprečni deleži skupin MK (%) ter razmerje med n-6 in n-3 VNMK v sirih, izdelanih na ekoloških kmetijah iz MPO (poletna sezona oz. obrok) in v siru iz MZO (zimška sezona oz. obrok) .....	34
Preglednica 14: Proizvodnja sira (1000 t) nekaterih držav članicah Evropske unije v letih od 1995 do 2006 (Production of..., 2004) .....	36
Preglednica 15: Povprečna količina sirov (ton) v letu 2006 iz mlekar (Tržno poročilo, 2007) .....	36



## KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Glavni proizvajalci sirov po državah (EU-25) (Mahon in sod., 2005).....	3
Slika 2: Prikaz proizvodnje sira po tipu mleka v letu 2003 (EU-15) (Mahon in sod., 2005) .....	4
Slika 3: Količina proizvedenega sira (kravje mleko) v slovenskih mlekarnah od leta 2000 do 2006 (Stele, 2007) .....	5
Slika 4: Tehnološki postopek izdelave sira (Rogelj, 1996) .....	6
Slika 5: Tolminski sir (Gomišček, 2004).....	10
Slika 6: Gavda in Ementalski sir (Renčelj in sod., 1995).....	11
Slika 7: Sir Zbrinc (Renčelj in sod., 1995) .....	11

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

MK/FA	maščobna kislina/fatty acid
NMK/SFA	nasičene maščobne kisline/saturated fatty acids
ENMK/MUFA	enkrat nenasičene maščobne kisline/monounsaturated fatty acids
VNMK/PUFA	večkrat nenasičene maščobne kisline/polyunsaturated fatty acids
NEMK	nenasičene maščobne kisline (enkrat in večkrat nenasičene maščobne kisline)
KLK/CLA	konjugirana linolna kislina/conjugated linoleic acid
TRANS MK	vsota vseh maščobnih kislin, ki imajo trans konfiguracije dvojnih vezi
trans C18:1	vsota trans izomer oktadecenojske kisline (C18:1)
trans C18:2	vsota izomer linolne kisline, ki imajo vsaj eno dvojno vez v trans konfiguraciji
RMK	razvejane maščobne kisline
MSS	količina mlečne maščobe v suhi snovi
SH	kislinska stopnja
EU	Evropska unija
n	število vzorčenj
ISTE	<i>in situ</i> transesterifikacija
MEMK	metilni estri maščobnih kislin
GLM	splošni linearni modeli/general linear models
STD	standardni odklon/standard deviation
KV	koeficient variabilnosti
MIN	minimum (najmanj)
MAX	maksimum (največ)
MPO	vzorci sirov, narejenih iz mleka krav, krmljenih s poletnim obrokom
MZO	vzorci sirov, narejenih iz mleka krav, krmljenih z zimskim obrokom

## 1 UVOD

Razvoj sirarstva sega daleč v zgodovino, saj je bil sir eden najpomembnejših mlečnih izdelkov pri nas, kot tudi drugod po svetu. Včasih so ljudje mleko predelovali v sire in s tem pridobili živilo s podaljšano trajnostjo. Sir je bil zaloga hrane za obdobja, ko je mleka primanjkovalo, rešili pa so tudi problem vsakodnevnega transporta mleka iz oddaljenih krajev (Mavrin in Oštir, 2002). V različnih predelih se je sirarstvo razvijalo različno hitro, znanost in tehnika pa sta mu postavili temelj. Kljub svoji majhnosti je Slovenija zelo raznolika, kar se kaže tudi v raznolikosti sirjenja in vrst sirov. Poleg ovčjih, kozjih in kravjih sirov izdelujejo tudi sire iz mešanice teh vrst mleka (Cencič in sod., 2006).

Sestava sira je v veliki meri odvisna od sestave mleka, iz katerega izdelujemo sir. Mleko in mlečni izdelki imajo visoko prehransko vrednost in funkcionalne učinke, predvsem zaradi pestrosti sestave (Rogelj, 2002). Prehranska vrednost sira je odvisna od količine in energijske vrednosti posameznih sestavin sira. Siri so namreč zelo kakovostno beljakovinsko živilo, saj vsebujejo od 20 do 30 % beljakovin, pretežno v obliki kazeina, ki ima visoko biološko vrednost (Renčelj in sod., 1995). Poleg beljakovin vsebuje sir tudi mlečno maščobo, ki bistveno prispeva k aromi sira. Le ta vsebuje pomembne vitamine topne v maščobi (A, D, E, K), katerih količina je odvisna od količine maščobe v mleku. Mleko in mlečni izdelki pa so tudi pomemben vir v vodi topnih vitaminov (B<sub>1</sub>, B<sub>12</sub>, C), rudninskih snovi in mlečne kisline. So predvsem dober vir kalcija, kot tudi kalija, natrija in magnezija (Bajt in Golc-Eger, 2002). Rogelj (2002) navaja: "Zaradi sočasne prisotnosti vseh sestavin je prebavljivost mleka in mlečnih izdelkov boljša in izkoristljivost sestavin večja".

V današnjem času se ljudje vedno bolj nagibamo k zdravemu načinu življenja. Prizadevamo si izboljšati način prehranjevanja, da bi zauživali uravnoteženo, zdravo hrano. Vse večji poudarek potrošniki namenjajo mleku in mlečnim izdelkom, še posebno pa jih zanima vsebnost maščob v izdelkih. Salobir (2001) je mnenja, da je vpliv maščob na zdravje ljudi odvisen od njihovega izvora in sestave. Maščobe so nepogrešljive hranljive snovi za življenje in zdravje ljudi. Prevelik delež maščob v prehrani ter njihova neugodna maščobnokislinska sestava, naj bi povečevali tveganje za razvoj bolezni srca in ožilja.

Za prehrano ljudi bi bilo najbolje v mleku povečati vsebnost esencialnih, večkrat nenasičenih maščobnih kislin (VNMK), predvsem tistih, ki pripadajo n-3 skupini in zmanjšati vsebnost nasičenih (NMK) in trans nenasičenih maščobnih kislin.

Številne študije (Prandini in sod., 2007; Chin in sod., 1992; Parodi, 1999) so pokazale, da imajo posamezne maščobne kisline ugoden učinek na organizem. Sem spadata predvsem konjugirana linolna kislina in maslena (butanojska) kislina. Obe imata antikancerogen učinek delovanja, prva pa je tudi antiaterogena. Siri vsebujejo tudi trans nenasičene maščobne kisline, med katerimi prevladuje vakuenska kislina. Ta naj ne bi predstavljala povečanega tveganja za nastanek srčno žilnih bolezni, medtem ko imajo nekatere druge trans pozicijske izomere negativen učinek (Salobir J. in Salobir K., 2003).

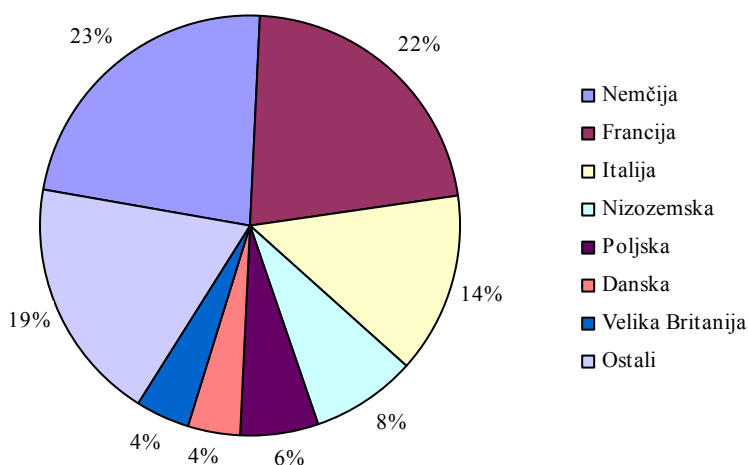
Veliko raziskav je bilo posvečenih vplivu prehrane živali na maščobnokislinsko sestavo mleka. Pri prežvekovalcih se vpliv prehrane v različnih sezonah (sezonska sprememba obroka) kaže v spremembah maščobnokislinske sestave mleka (Levart in sod., 2003). Le malo je v literaturi zaslediti, kako prehrana krav molznic vpliva na maščobnokislinsko sestavo sira. Znano je, da imajo siri pridelani v obdobju paše, bolj ugodno maščobnokislinsko sestavo (Zeppa in sod., 2003).

Cilj diplomske naloge je bil ugotoviti, kakšna je maščobnokislinska sestava sirov v Sloveniji in kako nanjo vpliva sezona priraje mleka oz. vrsta obroka (zimski ali letni) molznic. Pričakujemo, da se bo maščobnokislinska sestava sirov, narejenih iz mleka krav, krmljenih s poletnim obrokom (MPO), razlikovala od maščobnokislinske sestave sirov, narejenih iz mleka krav, krmljenih z zimskim obrokom (MZO). Poleti, ko je v obroku več paše oz. sveže trave, naj bi bilo v mleku in mlečnih izdelkih več posameznih, za zdravje koristnih maščobnih kislin (oleinska, linolna, linolenska in konjugirana linolna kislina).

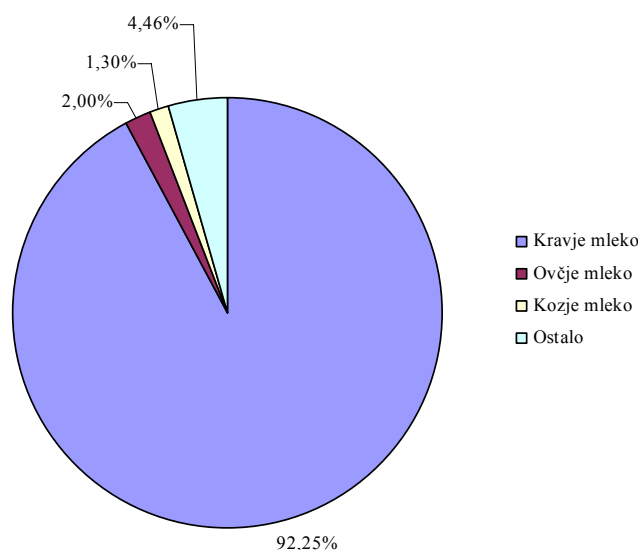
## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 PROIZVODNJA SIROV V EVROPI

Po podatkih, ki so jih podali Mahon in sod. (2005) je proizvodnja sira v letu 2003 presegla 8 milijonov ton v 25 državah članicah Evropske unije (EU-25), med 15 starimi članicami Evropske unije (EU-15) pa več kot 7 milijonov ton sira. Nemčija je proizvedla največjo količino sira (23 %), ki je bil večinoma narejen iz kravjega mleka (slika 1). Sledijo ji Francija, Italija in Nizozemska. Slednja pridelala manj kot polovico, od skupne količine v Nemčiji proizvedenega sira. Slovenija je v letu 2003 proizvedla le 0,3 % vsega sira, ki so ga proizvedli v 15 državah članicah. Podatki na sliki 1 prikazujejo, da evropska (EU-25) proizvodnja sira temelji predvsem na sedmih državah članicah, ki skupaj pridelajo 80 % sirov. Samo Nemčija in Francija skupno predstavljata 45 % skupne produkcije sira (EU-25).



Slika 1: Glavni proizvajalci sirov po državah (EU-25) (Mahon in sod., 2005)



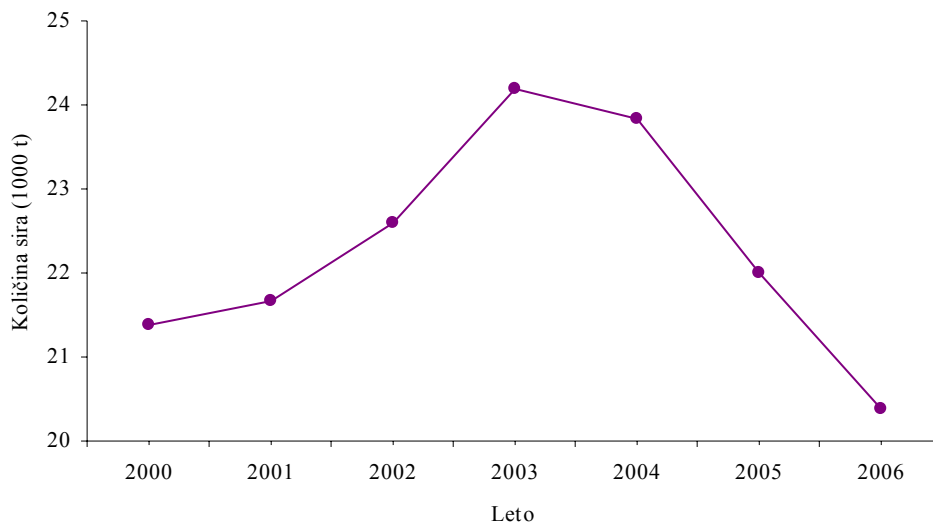
Slika 2: Prikaz produkcije sira po tipu mleka v letu 2003 (EU-15) (Mahon in sod., 2005)

Slika 2 prikazuje deleže proizvodnje sira po tipu mleka v letu 2003. Siri, narejeni iz kravjega mleka, predstavljajo največji delež vseh sirov proizvedenih v Evropi (EU-15), medtem ko siri, narejeni iz ovčjega mleka, predstavljajo le 2,0 %. Siri, izdelani izključno iz kozjega mleka, imajo najmanjši delež v celotni količini pridelanega sira.

Poraba konzumnega mleka, fermentiranih izdelkov in sirov se povečuje, tako pri nas kot v Evropi. V primerjavi z Evropo, je Slovenija zaostajala predvsem pri porabi sira (Bajt in Golc-Teger, 2002). Novejši statistični podatki pa kažejo, da se letna količina kupljenega sira (kg) na prebivalca Slovenije, iz leta v leto povečuje. V letu 2003 je količina kupljenega sira po podatkih Statističnega letopisa (2005) dosegla 8,7 kg sira (vseh vrst) na prebivalca na leto, v letu 2005 (Voljč, 2007) pa že 12,2 kg.

Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije (Stele, 2007), se je v letu 2006 skupna količina proizvedenega sira (kravje mleko) v slovenskih mlekarnah zmanjšala za 7,4 % v primerjavi z letom 2005. Količina zorenih sirov se je zmanjšala za 9,9 %, količina svežih sirov (vključena skuta in sirni namazi) pa za 1,1 % v primerjavi s prejšnjim letom. Povečala se je proizvodnja predelanih, oziroma topljenih sirov za 4,0 %. Slika 3 prikazuje trend naraščanja količine pridelanega kravjega sira v slovenskih mlekarnah do leta 2003.

Po letu 2003 je razviden padec količine sira, ki ga proizvedejo slovenske mlekarne (slika 3). Tako je bilo v letu 2006 odkupljenega 20.378 ton sira (Stele, 2007).



Slika 3: Količina proizvedenega sira (kravje mleko) v slovenskih mlekarnah od leta 2000 do 2006 (Stele, 2007)

## 2.2 IZDELAVA SIRA

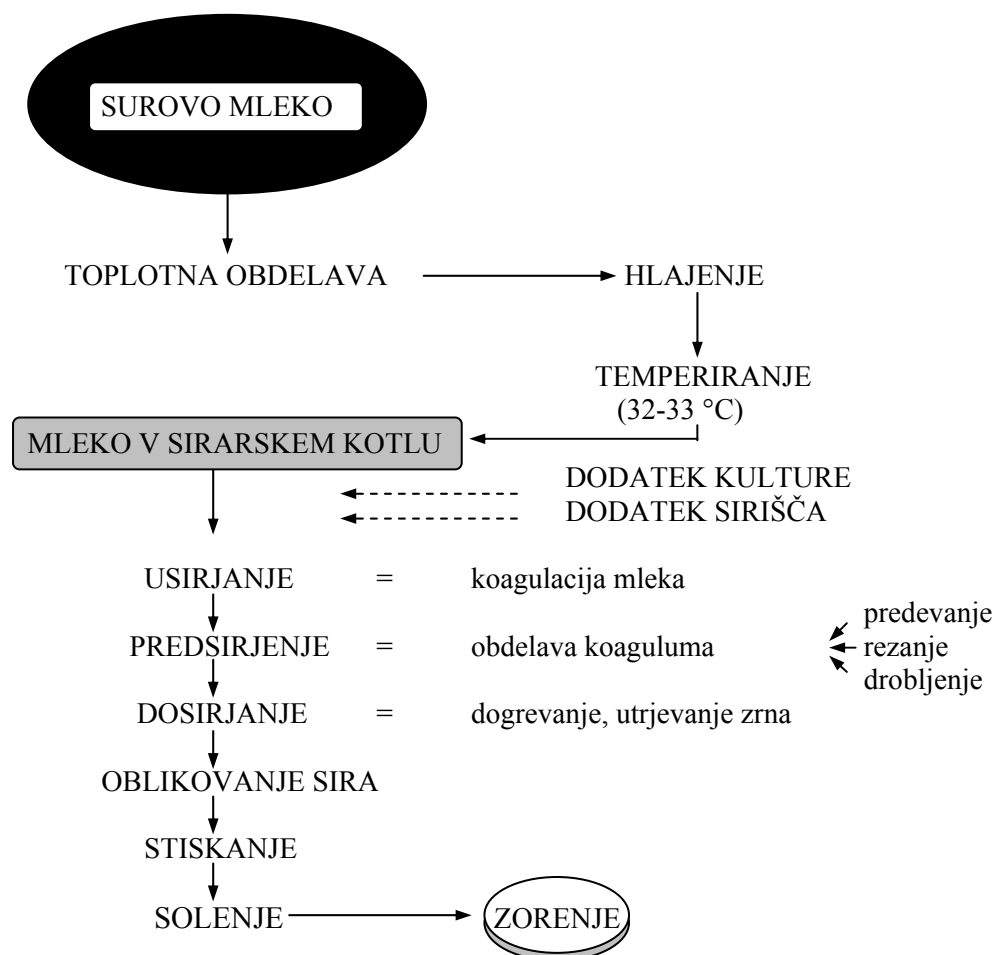
Izdelava sira je bila dolgo časa skorajda umetnost, saj je temeljila na izkušnjah, ki so se prenašale z ustnim izročilom. Specifični lokalni dejavniki, kot so podnebje, vrsta in sestava mleka, mikroflora in način zorenja pa so določali značilnosti posameznega sira. Napredek v razvoju na področju kemije in mikrobiologije sirov, nam v današnjem času omogoča izdelati želeni sir, neodvisno od lokalnih razmer (Bajt in Golc-Teger, 2002).

S siri lahko popestrimo in dopolnimo jedilnik, saj spadajo med kakovostna beljakovinska živila, z visoko prehransko vrednostjo. Še posebej je sir zanimiv za tiste posameznike, ki mleka ne marajo ali ga ne morejo prebaviti (Mavrin in Oštir, 2002).

V slovenskem Pravilniku o kakovosti mleka, mlečnih izdelkov, siril in čistih cepiv (1993) je sir opredeljen kot izdelek, ki ga dobimo z usirjanjem (koagulacijo) surovega ali toplotno obdelanega mleka, posnetega mleka, delno posnetega mleka, sirotke, pinjenca, smetane ali

kombinacije teh surovin. Za izdelavo sira, poleg kravjega mleka, uporabljamo tudi ovčje in kozje mleko ali mešanice teh vrst mleka.

Mavrin in Oštir (2002) ocenjujeta, da je danes na svetu poznanih že več kot 2000 različnih vrst sira. Osnovni postopek predelave mleka v sir, se je ohranil skozi tisočletja, kljub številnim vrstam in različicam sira, ki so danes poznane po vsem svetu. Slika 4 prikazuje postopke izdelave sira, ki so: priprava mleka, koagulacija mleka, obdelava koaguluma, obdelava sirnega zrna, ločitev sirnega zrna od sirotke, oblikovanje sira, stiskanje, soljenje in zorenje sira (Rogelj, 1996). Postopki izdelave sira se lahko razlikujejo v podrobnostih ali pa v celoti. Zaradi teh razlik danes poznamo toliko različnih vrst sira.



Slika 4: Tehnološki postopek izdelave sira (Rogelj, 1996)



Bajt in Golc-Teger (2002) navajata, da lahko dober sir naredimo le iz dobrega mleka. Mleko mora biti neoporečno, imeti mora dobre fizikalno-kemijske lastnosti, ustrezno mikrobiološko sliko, primerno kislinsko stopnjo (SH od 5,8 do 6,6) in ne sme vsebovati zaviralnih snovi (ostanki antibiotikov in kemičnih sredstev za varstvo rastlin, čistil, razkužil, ...). Vsebuje naj dovolj beljakovin (vsaj 3,3 %), mlečnega sladkorja (vsaj 4,6 %) ter mineralnih snovi (predvsem Ca in P). Kalcija naj vsebuje od 0,11 do 0,12 %, prav tako naj ima ustrezno količino maščobe, glede na količino beljakovin. Največji vpliv na te lastnosti mleka imajo pasma, starost in zdravje živali, njihova prehrana ter stadij laktacije.

Zorenje sira vključuje vrsto mikrobioloških, kemičnih in biokemičnih sprememb, ki so odgovorne za značilni okus, teksturo in videz posamezne vrste sira. Poznamo tri primarne poti, po katerih potekajo biokemične aktivnosti zorenja sirov: proteoliza, lipoliza in metabolizem zaostale laktoze (Lopez in sod., 2006).

### 2.3 DELITEV SIROV

Bajt in Golc-Teger (2002) ter Mavrin in Oštir (2002) so sire sistematično razdelili glede na:

- vrsto mleka (kravje, kozje, ovčje, bivolje, mešano),
- način usirjanja/koagulacije (s siriščem, kislino ali obema skupaj),
- odstotek mlečne maščobe v suhi snovi,
- odstotek vode v siru oz. sirnem testu,
- videz skorje,
- vrsto beljakovin,
- prisotnost plemenitih plesni,
- prisotnost rdeče maže.

Odrvisno od tipa sira, se spreminja tudi delež vode v sirnem testu. Voda vpliva predvsem na čvrstost, oziroma nežnost končnega izdelka in tudi na energijsko vrednost sira, kar je z dietetičnega stališča velikokrat zelo pomembno. Po deležu vode v sirnem testu delimo sire na (Mavrin in Oštir, 2002):

- trde sire za ribanje (manj kot 35 % vode),
- trde sire za rezanje (od 35 do 40 % vode),
- poltrde sire (od 40 do 50 % vode),
- mehke sire (več kot 50 % vode),
- sveže sire (več kot 50 % vode).

Tudi delež mlečne maščobe v suhi snovi sirnega testa, odloča o energijski vrednosti izbranega sira. Glede na količino mlečne maščobe v suhi snovi (MSS) delimo sire na (Mavrin in Oštir, 2002):

- prekmastne sire (najmanj 55 % MSS),
- polnomastne sire (najmanj 50 % MSS),
- mastne sire (najmanj 45 % MSS),
- tričetrtmastne sire (najmanj 35 % MSS),
- polmastne sire (najmanj 25 % MSS),
- četrtmastne sire (najmanj 15 % MSS),
- puste sire (manj kot 15 % MSS).

Po zunanosti sira, glede na videz skorje, delimo sire na (Mavrin in Oštir, 2002):

- sire z naravno skorjo, ki jo med zorenjem oblikuje sirar z rednim negovanjem in skrbnim čiščenjem površine sirov in
- sire brez skorje, ki jih takoj po soljenju zaščitijo s posebno krčljivo folijo ali voskom.

Glede na to, kje se plemenita plesen razrašča razdelimo sire na (Mavrin in Oštir, 2002):

- sire s plesnijo na površini (bela plesen) in
- sire s plesnijo v testu (modrozeleno plesen).

V Pravilniku o kakovosti mleka, mlečnih izdelkov, siril in čistih cepiv (1993) so mehki siri razvrščeni v naslednje skupine:

- siri s plemenito plesnijo (modra ali bela plesen),
- siri z rdečo mažo,
- beli siri.

Glede na prevladujočo vrsto beljakovin poznamo (Mavrin in Oštir, 2002):

- kazeinske sire, ki so izdelani iz različnih vrst mleka,
- albuminske sire, ki so izdelani iz beljakovin sirotke,
- kazeinsko-albuminske sire, ki so narejeni iz mleka in sirotke.

Sire lahko delimo tudi po načinu koagulacije na (Mavrin in Oštir, 2002):

- kislinske sire, ko mleko koagulira predvsem ob pomoči kisline (sveži in mehki siri),
- sladke sire, ko mleko koagulira predvsem ob pomoči dodanih siriščnih preparatov (poltrdi in trdi siri) in
- mešane sire, ko mleko koagulira zaradi kombiniranega delovanja kisline in sirišča (siri, ki zorijo v slanici, siri s plemenitimi plesnimi, vlečeni ali nitasti siri).

### 2.3.1 Najpogostejši siri na slovenskem trgu

Ponudba sirov v trgovinah je zelo bogata. Možnost imamo kupiti najrazličnejše vrste sirov, ki se razlikujejo po kakovosti, obliki, velikosti, vonju, okusu in izvoru. V preglednici 1 predstavljamo sire, ki jih najpogosteje najdemo v slovenskih trgovinah. Za našo sirarsko tradicijo, so po mnenju Renčlja in sod. (1995) nedvomno značilni bovški, nanoški, tolminski in bohinjski siri.

Preglednica 1: Najpogostejši siri na slovenskem trgu (Mavrin in Oštir, 2002)

OZNAKA SIROV	PREDSTAVNIKI
Trdi siri za ribanje	parmezan, grana padano, zbrinc
Trdi siri za rezanje	ementalec, bohinjski sir, tolminski sir
Poltrdi siri	gavda, edamec, trapist, tilzit
Mehki siri	rokfor, gorgonzola, kamamber, bri, feta, beli sir v koščkih
Sveži siri	skuta (namazi), mocarela, rikota, planšarski sir

Med bolj prepoznavne sire na slovenskem spada Tolminski sir, ki je avtohton. Izdelan je na Tolminskem, severni Primorski in planinah v okolici Kobarida (Mavrin in Oštir, 2002). Tolminc se danes izdeluje predvsem iz kravjega mleka, v manjšem obsegu pa tudi z dodatkom ovčjega in kozjega mleka. Svojevrsten okus mu dajejo klimatsko-geološke razmere planinskih pašnikov, tehnologija priprave in predelave mleka. Mleko in sire pridobivajo na območju pašnih skupnosti (planine Zaprikraj, Polog in Kašina) in hlevske skupnosti (Volarji) (Perko, 2003).

Poleg Tolminskega sira (slika 5) spadajo med avtohtone sire na slovenskem tudi Bovški, Posavski, Bohinjski, Nanoški sir, sir Mohant, Kraški ovčji in kozji sir. Nanoški sir, Tolminc, Bovški sir in Mohant so med drugim tudi zaščiteni kmetijski izdelki, oziroma živila z zaščiteno označbo porekla (Cencič in sod, 2006).



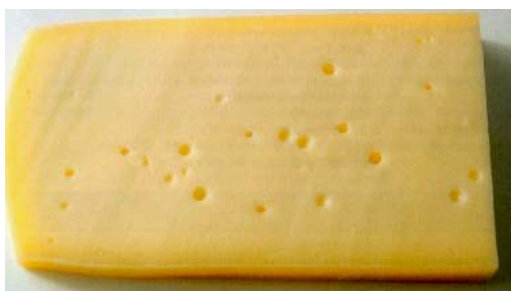
Slika 5: Tolminski sir (Gomišček, 2004)

Specifična tehnologija Bohinjskega sira temelji na ementalski tehnologiji, kar pomeni, da se od Ementalskega sira razlikuje po obliki, dimenzijah, sliki na prerezu, okusu in času zorenja. Izdelujejo ga iz surovega ali termično obdelanega kravjega mleka. Območje, kjer se prideluje mleko in izdeluje Bohinjski sir, se nahaja znotraj območja, katerega meja poteka nekje pod dolino Triglavskih jezer, Komne in okoli Bohinjske Bistrice (Perko, 2003).

Danes se Nanoški sir izdeluje iz kravjega mleka. Mleko izvira iz Vipavske doline, Trnovske planote in okolice Krasa ter Postojnskih vrat. Mleko iz teh območij se odlikuje po veliki vsebnosti beta-karotena, kalcija in provitamina A, ki daje nanoškemu siru

intenzivno rumeno barvo. Značilen, pikanten okus mu daje žlahtna plesen, ki je značilna za vinorodna področja širše Vipavske doline (Perko, 2003).

Domovina Gavde (slika 6) je Nizozemska, vendar pa je sedaj izdelava razširjena tudi pri nas. Mladi sir je rahlo kiselkast do sladkast. Zrel sir ima izrazitejši okus, ki spominja na orehova jedrca in je lahko celo rahlo pikanten (Renčelj in sod., 1995).



Slika 6: Gavda in Ementalski sir (Renčelj in sod., 1995)

Klasičen Ementalski sir (slika 6) izvira iz Švice, od koder se je njegova izdelava razširila po svetu, tudi pri nas (Renčelj in sod., 1995). Okus Ementalskega sira je značilen in sladkast (Slanovec, 1982). Ementalec solimo bolj intenzivno, da pospešimo nastajanje skorje. Višja temperatura zorilnice (od 20° do 22° C) spodbuja propionsko vrenje za nastajanje sirnih očesc (Miletić, 1994). Iz Švice izvira tudi sir Zbrinc (slika 7), ki ga izdelujejo iz polnomastnega, surovega kravjega mleka. Po okusu je aromatičen in pikanten. Po načinu izdelave pa podoben Ementalskemu siru (Slanovec, 1982).



Slika 7: Sir Zbrinc (Renčelj in sod., 1995)

## 2.4 SESTAVA IN LASTNOSTI SIROV

Bogata sestava mleka in mlečnih izdelkov, predvsem sira, ima v današnjem času velik pomen v uravnoteženi in zdravi prehrani. Zaradi velike količine esencialnih hranljivih snovi, visoke biološke vrednosti in odlične prebavljivosti, je sir nepogrešljiv tako za vsakodnevno, kot za dietetično prehrano (Renčelj in sod., 1995). Sestava glavnih sestavin nekaterih sirov je prikazana v preglednici 2.

Preglednica 2: Sestava (%) nekaterih sirov (Slanovec, 1982)

SIR	Voda	Maščoba	Beljakovine	Maščoba v suhi snovi	Kalcij	Fosfor
Parmezan	30,0	26,7	35,9	37,0	1,18	0,70
Ementalec	37,0	29,2	27,1	48,1	1,03	0,64
Bohinjski sir	34,6	33,1	23,9	48,6	0,94	0,52
Gavda	37,7	29,2	25,3	45,6	0,72	0,41
Edamec	39,8	25,4	27,1	40,9	0,76	0,45
Trapist	45,9	26,1	25,1	46,0	0,86	0,47
Rokfor	39,7	31,2	21,5	50,1	0,48	0,45
Kamamber	50,6	24,9	19,6	58,0	0,37	0,29

Sestava sira je v veliki meri odvisna od sestave mleka, iz katerega izdelujemo sir, predvsem od vsebnosti maščobe, beljakovin, kalcija in vrednosti pH. Sestavine mleka so odvisne od vrste živali, pasme, njihovega zdravstvenega stanja, prehrane in stadija laktacije živali (Fox in sod., 2000).

Delež vode je v različnih vrstah sirov različen (od 30 do 50,6 %; preglednica 2), prav tako tudi količina glavnih sestavin, tako beljakovin (od 19,6 do 35,9 %) kot maščob (od 24,9 do 33,1 %). Delež maščob v siru je odvisen od količine maščob v mleku, iz katerega izdelujemo sir. Sveži siri, narejeni iz posnetega mleka, vsebujejo manj maščob, medtem ko zreli siri vsebujejo od 30 do 50 % maščob v suhi snovi. Siri vsebujejo veliko količino rudninskih snovi. Najbolj pomembna sta kalcij in fosfor, tako v mleku, kot siru. Siri z večjim deležem maščobe, vsebujejo manjšo količino kalcija in fosforja (Tratnik, 1998).

## 2.4.1 Vplivi na sestavo in lastnosti sira

Kemična sestava mleka močno vpliva na končni izdelek. Poleg znanja o sestavinah mleka, lastnostih in spremembah, ki vplivajo na končni izdelek, moramo za izdelavo mlečnih izdelkov poznati tudi postopke njihove predelave (Bajt in Golc-Teger, 2002).

### 2.4.1.1 Beljakovine

Za izdelavo sira so zelo pomembne beljakovine, predvsem kazeini (Renčelj in sod., 1995). Poleg kazeina, ki ga je v mleku največ, spadajo med beljakovine mleka tudi t.i. sirotkine beljakovine, ki jih sestavljajo albumini in globulini. Obe skupini beljakovin se močno razlikujeta po svojih lastnostih, saj lahko kazein izločimo iz mleka z dodatkom sirišča ali s kislino ali pa s kombinacijo obeh načinov, sirotkinih beljakovin pa ne. Kazein je sestavljen iz več različnih komponent, ki so označene z grškimi črkami (alfa, beta, gama, in kapa kazein). Beljakovine imajo pomembno vlogo v sirarstvu, saj najbolj vplivajo na količino izdelanega sira (Bajt in Golc-Teger, 2002). Molekule kazeina v mleku tvorijo micelle, ki so sestavljene iz številnih podmicel in so med seboj povezane s koloidnim kalcijevim fosfatom ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ). Mleku in mlečnim izdelkom določajo stabilnost med toplotno obdelavo, med postopki koncentracije in skladiščenjem. Od njihovih lastnosti je odvisna kakovost mleka za predelavo v sir (Rogelj, 1996). Najpomembnejša komponenta kazeinskega kompleksa pri procesu usirjanja mleka je kapa-kazein, ki pod vplivom delovanja encima (himozin) izgubi lastnosti varovalnega koloida. To omogoči usirjanje mleka. Encim himozin razgradi kapa-kazein na para-kapa-kazein in glikomakropeptid (Slanovec, 1982).

### 2.4.1.2 Laktoza

Glavni ogljikov hidrat v mleku je laktoza oz. mlečni sladkor, ki je hrana številnim bakterijam pri nastanku mlečnih izdelkov. Laktoza vpliva na kakovost, trajnost, okus in konsistenco izdelkov. Bakterije poleg mlečnokislinske fermentacije, ki poteka v vseh fermentiranih mlečnih izdelkih, skuti in sirih, sodelujejo tudi pri propionski, maslenokislinski in alkoholni fermentaciji (Bajt in Golc-Teger, 2002). Maslenokislinska in

alkoholna fermentacija sta v siru nezaželeni, saj povzročata različne napake sira (pozno napihovanje sira) (Slanovec, 1982).

#### 2.4.1.3 Rudninske snovi, vitamini in voda

V mleku se nahaja približno 40 rudninskih snovi, to so makro- (kalcij, fosfor, magnezij, kalij, natrij, klor) in mikro-rudnine (železo, mangan, baker, cink, fluor, jod). Njihova vsebnost je močno odvisna od prehrane živali. Največ rudninskih snovi predstavljajo raztopljene kalcijeve, kalijeve, natrijeve in magnezijeve soli (citrati, fosfati, kloridi). Poseben pomen v prehrani imata kalcij in fosfor, ki sta v mleku v zelo ugodnem medsebojnem razmerju. Predvsem pa je pomembna količina topnega kalcija (vsaj tretjina skupne količine kalcija) v mleku, saj njegovo pomanjkanje lahko vpliva na predelavo mleka v sir (Bajt in Golc-Teger, 2002).

Poleg rudninskih snovi, mleko vsebuje tudi v maščobi in v vodi topne vitamine, katerih vsebnost v mleku je prav tako odvisna od prehrane živali. V vodi topni vitamini so predvsem vitamini B<sub>1</sub>, B<sub>12</sub> in vitamin C. Vsebnost v maščobi topnih vitaminov A, D, E, in K, je odvisna tudi od količine maščobe, ki jo mleko vsebuje. Poleti, ko so živali na paši, je v sveži zeleni krmi veliko provitamina A in D, pozimi pa zelo malo (Bajt in Golc-Teger, 2002).

Večina vode v mleku je proste, preostali del pa je vezan na kazeinu, albuminu in globulinu, na laktozi in na ovojnicah maščobnih kroglic (Bajt in Golc-Teger, 2002). Z vodo so povezani vsi mikrobiološki procesi, prav tako pa sodeluje tudi pri oblikovanju senzoričnih lastnosti sira. Od njene količine sta odvisni tudi kakovost in količina sira ter njegova obstojnost (Slanovec, 1982).

#### 2.4.1.4 Maščoba

Slanovec (1982) navaja, da maščoba daje siru prijeten okus, izboljšuje njegovo teksturo, preprečuje preveliko krčenje kazeina, sodeluje pri vezanju vode in vpliva na pridobitev sira. Pri zorenju, predvsem mehkih sirov, jo mikroorganizmi z encimi razgrade, kar prispeva k specifičnemu okusu in aromi sira. Mlečna maščoba običajno vsebuje okoli 66 %



nasičenih maščobnih kislin, 30 % enkrat nenasičenih maščobnih kislin in 4 % večkrat nenasičenih maščobnih kislin (Aigster in sod., 2000).

#### 2.4.2 Maščobnokislinska sestava sirov

Maščobne kisline (MK) so glavna sestavina maščob in se med seboj razlikujejo po številu ogljikovih atomov (Besadoun, 2003, cit. po Voljč, 2007).

Glede na dolžino verige (število ogljikovih atomov) Lobb (1992) deli MK v mleku na:

- kratkoverižne MK (od C4 do C10): sem uvrščamo predvsem masleno (C4:0), kaprojsko (C6:0), kaprilsko (C8:0) in kaprinsko (C10:0) kislino,
- srednjeverižne MK (od C11 do C17): v mleku prevladujejo predvsem lavrinska (C12:0), miristinska (C14:0) in palmitinska (C16:0) kislina,
- dolgoverižne MK (C18 in več): poleg stearinske (C18:0) in oleinske (C18:1 n-9) kisline, sta najbolj pomembni predstavnici teh kislin tudi esencialni linolna (C18:2 n-6) in linolenska (C18:3 n-3) MK.

MK glede na stopnjo nasičenosti delimo na nasičene in nenasičene. Nasičene maščobne kisline (NMK) so tiste, ki imajo samo enojne vezi med C atomi. Nenasičene maščobne kisline (NEMK), ki imajo eno dvojno vez imenujemo enkrat nenasičene maščobne kisline (ENMK), tiste z dvema ali več dvojnimi vezmi pa večkrat nenasičene maščobne kisline (VNMK). Dvojna vez ima lahko *cis* ali *trans* konfiguracijo (Besadoun, 2003, cit. po Voljč, 2007). Večina dvojnih vezi v NEMK naravnega izvora je v *cis* konfiguraciji, v mleku pa se nahajajo tudi v *trans* obliki (Lobb, 1992).

Bajt in Golc-Teger (2002) navajata, da je maščobnokislinska sestava sira v veliki meri odvisna od mleka, ki predstavlja osnovo za proizvodnjo sira. V preglednici 3 so predstavljena povprečja masnih deležev posameznih MK (%) v različnih vrstah sirov.

Preglednica 3: Maščobnokislinska sestava različnih vrst sirov (masni delež, %) (Jensen, 1992; Chow, 1992, cit. po Koman-Rajšp in Stibilj, 2000)

	<b>Parmezan</b>	<b>Čedar</b>	<b>Ementalec</b>	<b>Edam</b>	<b>Gavda</b>	<b>Tilzit</b>	<b>Kamambert</b>
Maščoba (%)	30,0	33,1	24,8	28,8	27,4	26,0	24,3
<b>NMK</b>	62,03	67,18	63,39	66,75	62,93	68,34	66,39
C4:0	5,34	3,50	5,85	3,96	5,54	3,74	2,24
C6:0	1,79	1,77	2,03	1,82	2,14	2,29	1,28
C8:0	1,18	0,93	1,30	1,19	1,38	1,61	1,19
C10:0	2,76	2,00	2,88	2,34	3,13	3,18	2,70
C12:0	3,30	1,80	3,24	1,98	3,74	4,54	2,01
C14:0	10,45	11,11	10,62	11,65	10,94	11,08	12,32
C16:0	27,04	32,69	26,91	31,99	26,28	32,60	33,10
C18:0	10,15	13,38	9,56	11,81	9,78	9,30	11,54
<b>ENMK</b>	25,67	29,69	25,26	30,60	25,39	30,31	30,36
C16:1	2,61	3,34	2,65	3,21	2,79	2,84	4,03
C18:1*	20,06	23,35	19,61	24,34	19,60	22,75	23,53
C18:1t**	3,00	3,00	3,00	3,05	3,00	3,00	3,00
<b>VNMK</b>	3,37	3,14	3,27	2,66	3,43	3,06	3,25
C18:2 n-6	2,11	1,93	2,13	1,66	2,18	1,70	2,06
C18:3 n-3	1,27	1,20	1,14	0,99	1,25	1,36	1,24

\*Vsota vseh izomer ( cis in trans), \*\*vsota trans izomer

Po deležu v vseh vrstah sirov (preglednica 3) prevladuje palmitinska kislina (C16:0) z najmanj 26,28 % in največ 33,10 %. Sledita ji stearinska (C18:0) in miristinska kislina (C14:0). Največ palmitinske in miristinske kisline vsebuje sir Kamambert s 33,10 % in 12,32 %, največ stearinske pa Čedar s 13,38 %. Vse tri MK prispevajo največji delež k skupini NMK, ki jih je v sirih med 62,03 % in 68,34 %. Velik delež v maščobnokislinski sestavi sirov pa prispevajo tudi ENMK, kjer vsota C18:1 MK predstavlja največji del MK te skupine v vseh sirih. Najmanj ENMK vsebuje Ementalec s 25,26 %, največ pa Edam s 30,60 %. Gavda vsebuje izmed vseh predstavljenih vrst sirov največji delež VNMK, kjer linolna kislina (C18:2 n-6) predstavlja 2,18 %. Največji delež esencialne linolenske kisline (C18:3 n-3) pa vsebuje sir Tilzit z 1,36 %.

### 2.4.3 Variabilnost maščobnokislinske sestave sirov

Lucas in sod. (2006) so ugotovili, da ima sestava maščob mleka statistično značilen vpliv na maščobnokislinsko sestavo vseh analiziranih sirov ( $p < 0,001$ ), ne glede na tehnologijo proizvodnje sirov (v raziskavo so vključene 4 tehnologije). Dokazali so tudi zelo močno povezavo ( $r^2=0,70$  do  $0,99$ ) med vsebnostjo vseh analiziranih MK v mleku in sirih. Zato Lucas in sod. (2006) trdijo, da je maščobnokislinska sestava sirov odvisna izključno od maščobnokislinske sestave mleka, pri tem pa poudarjajo, da ima tehnologija izdelave majhen vpliv le na vsebnost kaprilske in miristinske kisline. K variabilnosti teh dveh MK v siru prispeva kaprilska 0,3 %, miristinska pa 3,5 %.

#### 2.4.3.1 Vpliv prehrane krav molznic na maščobnokislinsko sestavo sira

Statistično značilne razlike ( $P < 0,01$ ) v sestavi maščobnih kislin sira so opisali Zeppa in sod. (2003), ki so raziskavo zasnovali tako, da so vanjo zajeli večino poznanih dejavnikov, ki vplivajo na maščobnokislinsko sestavo sirov. Primerjali so maščobnokislinsko sestavo sirov, narejenih iz MPO in MZO (preglednica 4), ki so bili narejeni na zahodu Italije. Siri, narejeni iz MPO ( $n=24$ ) so bili odvzeti v hribih (od 1500 do 2200 m.n.v.), kjer so bile krave krmljene izključno s pašo. V nižinah (od 500 do 800 m.n.v.) pa so krave pozimi krmili s senom in koncentratu ( $n=42$ ), poleti pa so bile na paši. Siri, narejeni iz MPO so bili narejeni iz polnomastnega surovega mleka, siri narejeni iz MZO pa iz delno posnetega surovega mleka ter zoreni 60 dni. Vsebnost nasičenih kratkoverižnih (C4:0, C6:0, C8:0, C10:0) in srednjeverižnih (C12:0, C14:0, C16:0) MK je bila statistično značilno večja v sirih, narejenih iz MZO, vsebnost ENMK (C16:1, C18:1) in VNMK (KLK, C18:3 n-3) pa v sirih, narejenih iz MPO.

Preglednica 4: Maščobnokislinska sestava sirov, narejenih iz MPO (n = 24) in MZO (n = 42) (Zeppa in sod., 2003)

	<b>MZO</b>	<b>MPO</b>
C4:0	3,51	3,11
C6:0	2,34	1,73
C8:0	1,47	0,99
C10:0	3,01	1,92
C12:0	3,25	2,07
C14:0	11,92	8,32
C14:1	1,04	0,67
C15:0	1,24	1,48
C16:0	30,74	24,26
C16:1	1,48	1,65
C17:0	0,74	0,93
C18:0	10,17	12,72
C18:1	21,48	29,37
KLK	0,89	2,23
C18:3 n-3	0,75	1,30
Vsota NMK	71,51	61,02
Vsota NEMK (ENMK+VNEMK)	28,08	39,00

Vrsta, oziroma sestava krme, ki jo ponudimo živalim, vpliva tudi na senzorične lastnosti mlečnih izdelkov, predvsem na okus, barvo in teksturo. Barva je odvisna predvsem od vsebnosti pigmentov, posebej karotenov v rastlinah, ki posledično vplivajo na vsebnost karotenov ( $\beta$ -karoten) v mleku, ta pa na barvo sira. Mlečni izdelki, narejeni iz mleka, prirejenega v poletnem času, imajo bolj intenzivno rumeno barvo, od tistih, narejenih v zimskem času. Pri krmljenju krav s konzervirano krmo, so mlečni izdelki, narejeni iz mleka, kjer prehrana živali temelji na travni silaži, bolj rumeni, kot tisti, kjer so bile živali krmljene le s senom. To je še posebej opazno, če je bilo seno dalj časa izpostavljeno sončnim žarkom. Koruzna silaža vsebuje zelo majhno količino karotenov, zato so mlečni izdelki blede ter slabšega okusa, kot pri travni silaži. Maščobe iz paše, v primerjavi s tistimi iz konzervirane krme, imajo večji delež NEMK. Več NEMK ima tudi travna silaža v primerjavi s koruzno silažo, vendar so le te bolj občutljive za oksidacijo (Martin in sod., 2005).

Na senzorične lastnosti različnih vrst sirov vpliva tudi botanična sestava krme. Buchin in sod. (1999) so primerjali sestavo sirov na dveh območjih (prisojna in osojna stran) planinskih pašnikov, ki sta se razlikovali v botanični sestavi. Ugotovili so, da so siri z osojne strani manj trdi, manj lepljivi in bolj drobljivi ter imajo močnejši okus (slani in grenki, s kislno aromo), kot tisti s prisojne strani, ki so imeli bolj mil in sadni okus.

#### **2.4.4 Vpliv maščobnih kislin na zdravje ljudi**

Maščobe so za življenje in zdravje nepogrešljive in pomembne hranljive snovi, ki ugodno vplivajo na človeka, njegovo počutje ter fizično in psihično storilnost. Po drugi strani pa so lahko za zdravje tudi škodljive, saj njihova neustrezna sestava in prevelik delež v vsakdanji prehrani, povečuje tveganje za razvoj bolezni srca in ožilja ter drugih bolezni (Salobir, 2001).

Mlečna maščoba vsebuje tudi številne komponente z antikarcenogenim delovanjem, npr. konjugirano linolno kislino, masleno kislino,  $\beta$ -karoten, vitamina A in D (Parodi, 1999). V zadnjem času še posebej veliko pozornosti namenjamo konjugirani linolni kislini (KLK).

##### **2.4.4.1 Konjugirana linolna kislina**

Meso, mleko in mlečni izdelki prežvekovalcev predstavljajo glavni prehranski vir konjugirane linolne kisline (KLK). KLK je skupen izraz za različne pozicijske in geometrijske izomere linolne kisline (C18:2) s konjugiranimi dvojnima vezema (Lawson in sod., 2001). Vsebnost KLK v siru se giblje od 0,5 do 1,7 g/100 g maščobnih kislin (Henning in sod., 2006).

Werner in sod. (1992) poročajo, da je vsebnost KLK v maščobi, pri treh zorenih siri (13 mesecev) in enem nezorenem siru znašala od 5,05 do 5,39 g KLK/kg maščobe, kjer je cis-9, trans-11 izomera predstavljal več kot 80 % vseh izomer KLK. Zaključili so, da se zoreni siri med seboj niso razlikovali v skupni vsebnosti KLK v siru, medtem ko naj bi čas zorenja vplival na koncentracijo posameznih KLK izomer. Statistično značilne razlike med siri v deležu različnih KLK izomer, so lahko posledica uporabe različnih starterskih kultur

ali pogojev izdelave sirov (Werner in sod., 1992). Chin in sod. (1992) pa so pri analizah velikega števila vzorcev sirov ugotovili, da imajo siri s podaljšanim zorenjem manjšo vsebnost KLK, medtem, ko so Zlatanov in sod. (2002) v grških sirih, narejenih iz ovčjega in kozjega mleka ugotovili, da naj bi imeli siri z daljšim zorenjem večjo vsebnost KLK.

Vsebnost KLK je lahko v mleku, prirejenim v poletnem času tudi dva do tri krat večja kot pozimi, zato je tudi vsebnost KLK v sirih, pridelanih v času paše, večja (Jahreis in sod., 1997). Večjo vsebnost KLK v sirih so Coakley in sod. (2007) dosegli tudi z dodatkom sončničnih semen (100 g/kg koncentratov) v obroke živali. V kontrolni skupini, kjer so bile živali v hlevu (travna silaža po volji in 6 kg koncentratov) so bile vsebnosti cis-9, trans-11 KLK manjše, kot v skupini živali, ki so bile na paši in so jih dokrmiljevali s sončničnimi semeni. S pašo in dodatkom sončničnih semen, se je povečala tudi vsebnost trans vakcenske kisline, ki je prekurzor KLK v mleku.

Prandini in sod. (2007) so raziskovali vsebnost KLK v različnih sirih (preglednica 5). Ugotovili so, da siri Fontina Valdostana in švicarski Ementalci vsebujejo statistično značilno več KLK (8,11 in 7,66 mg/g maščobe), kot alpski siri in Grana/Parmigiano s 4,79 in 3,85 mg/g maščobe. Obe vrsti sira sta narejeni iz surovega mleka krav, ki so se pasle na planinskih pašnikih. Bauman in sod. (2001) so prav tako potrdili, da je vsebnost KLK v mleku krav, ki se pasejo, relativno velika, iz česar lahko sklepamo na večjo vsebnost KLK tudi v sirih. Vsebnost KLK v alpskih sirih (siri z zaščiteno označbo porekla) pa je relativno majhna (4,79 mg/g maščobe) in primerljiva z Grana padano (GP) in Parmigiano Reggiano (PR) siri (3,85 mg/g maščobe). GP in PR siri so bili narejeni iz mleka krav, ki se niso pasle.

Preglednica 5: Vsebnost maščobe (%) in KLK (mg/g maščobe) v vzorcih sira, narejenih iz kravjega mleka  
(Prandini in sod., 2007)

	n	Maščoba (%)		KLK (mg/g maščobe)	
		Povprečje	SD	Povprečje	SD
Alpski sir	9	31,61	2,10	4,79 b	1,07
Švicarski Ementalec	8	31,00	1,74	7,66 a	1,42
Fontina Valdostana	8	31,62	1,10	8,11 a	1,53
Grana/Parmigiano	5	27,43	1,67	3,85 c	0,51

n - število analiziranih vzorcev; SD - standardni odklon

Vrednosti v stolpcih, označene z različnimi črkami, se statistično značilno razlikujejo pri  $p < 0,05$ .

#### 2.4.4.2 Maslena kislina

Butanojska kislina (C4:0) je kratkoverižna MK, ki jo mlečna maščoba po podatkih Jensen (1992), v povprečju vsebuje od 3,0 do 4,5 %. Je antikancerogena, saj preprečuje raka na črevesju (Henning in sod., 2006). Večino maslene kisline dobi človeško telo s fermentacijo vlaknine v prebavnem traktu, lahko pa jo dobi tudi iz mleka in mlečnih izdelkov (Miller in sod., 2000). McDonagh in sod. (1999) pravijo, da se učinek maslene kisline, kljub majhni vsebnosti v mleku, poveča s sočasno prisotnostjo drugih antikancerogenih sestavin mlečne maščobe, kot sta vitamin A in D<sub>3</sub>. Po prehranskih tablicah (Souci in sod., 1994) vsebnost maslene kisline v 100 g Ementalca (45 % maščob v suhi snovi; MSS) znaša v povprečju 1,15 g, v siru Edamec (30 % MSS) 0,59 g, v Parmezanu, pa 0,91 g.

### 3 MATERIAL IN METODE

#### 3.1 MATERIAL

Analizirali smo 33 vzorcev sira, ki so bili zbrani na območju od Kočevja do Gorenje vasi v Poljanski dolini, ter na območju Štajerske in Severne Primorske. Sire smo v letu 2005 vzorčili na konvencionalnih in ekoloških kmetijah ter v mlekarnah. Vzorce sirov smo razdelili na sire, narejene iz mleka krav, krmljenih z zimskim obrokom (MZO; n=17) in sire narejene iz mleka krav, krmljenih s poletnim obrokom (MPO; n=16). V raziskavo smo vključili 4 vzorce sirov, narejenih iz MPO, iz ekoloških rej in 7 vzorcev iz konvencionalnih rej ter 1 vzorec sira, narejenega iz MZO, iz ekološke reje in 9 vzorcev iz konvencionalne reje. V analizo smo vključili tudi vzorce sirov iz mlekarn (Kočevje, Vipava, Kobarid, Ljutomer) in sicer 5 vzorcev sirov, narejenih iz MPO in 7 vzorcev sirov, narejenih iz MZO.

V posebno skupino smo uvrstili sire, narejene v mlekarnah, ki so izdelani tako iz mleka ekoloških, kot konvencionalnih kmetij. Maščobnokislinska sestava teh sirov bolje prikazuje povprečno maščobnokislinsko sestavo sirov, proizvedenih v Sloveniji. Vsi siri so bili narejeni iz toplotno obdelanega mleka, razlikovali pa so se po sezoni izdelave, regiji in tehnologiji izdelave, oziroma načinu izdelave na posamezni kmetiji ali mlekarni. Kljub različnemu tipu in vrsti sirov so bili zimski siri v povprečju zoreni  $1,5 \pm 0,5$  meseca, poletni siri pa  $1,6 \pm 0,5$  meseca.

#### 3.2 METODE DELA

##### 3.2.1 Priprava vzorcev sirov za analizo

Sire smo v laboratoriju razrezali na manjše kose in jih shranili pri temperaturi  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Zmrznjene vzorce sirov smo prelili s tekočim dušikom in jih homogenizirali. Tako pripravljene in homogenizirane vzorce smo hranili v zamrzovalniku, pri temperaturi  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



### **3.2.2 Priprava metilnih estrov za določanje maščobnih kislin s plinsko kromatografijo**

Metilne estre MK smo določili po metodi ISTE, ki sta jo razvila Park in Goins (1994). V Hachove epruvete smo zatehtali 0,2 do 0,3 g vzorca sira. Dodali smo 300 µl metilen klorida ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) in 3 ml sveže pripravljene 0,5 M NaOH v metanolu. Vsebinsko smo premešali, ter prepihali z dušikom in zaprli. V termičnem bloku smo tako pripravljene vzorce 10 minut segrevali pri 90 °C. Nato smo jih ohladili v ledeni kopeli do sobne temperature. Dodali smo še 3 ml 12 % metanolne raztopine  $\text{BF}_3$ , premešali in zopet prepihali z dušikom. Sledilo je ponovno segrevanje (10 min pri 90 °C) in ohlajanje v ledeni kopeli. V digestoriju smo v epruvete dodali še 3 ml destilirane vode in 1,5 ml heksana. Dobro zaprte epruvete smo ročno stresali 1 minuto. Metilni estri maščobnih kislin so se estrahirali v heksan. Sledilo je 10 minutno centrifugiranje pri 2000 obratih/minuto. S pomočjo pipete smo prenesli metilne estre (zgornja faza), raztopljene v heksanu, v steklene posodice za vzorce, jih prepihali z dušikom in dobro zaprli. Pri odvzemu zgornje heksanske plasti smo morali paziti, da ne bi zajeli tudi vodne faze, saj bi lahko uničila kromatografsko kolono. Pripravljene in označene vzorce smo ponovno shranili v zamrzovalniku pri -20 °C.

### **3.2.3 Analitska oprema in pogoji analize**

Pri ločevanju maščobnih kislin smo uporabili plinski kromatograf Agilent 6890 Series GC System, opremljen z avtomatskim injektorjem Agilent 7683 Series Injector, podajalnikom vzorcev Model 7683 in FID detektorjem. Za ločitev metilnih estrov MK smo uporabili polarno kapilarno kolono Varian WCOT fused silica, s kemijsko vezano stacionarno fazo polietilen glikola, dolžine 100 m, notranjega premera 0,25 mm in debeline filma stacionarne faze 0,25 µm.

*Kromatografski pogoji, uporabljeni za določanje MK v vzorcih sira:*

- začetna temperatura kolone	100 °C
- začetni zadrževalni čas	10 min
- hitrost dviga temperature	1 °C/min
- končna temperatura kolone	230 °C
- končni zadrževalni čas	30 min
- temperatura injektorja	250 °C
- temperatura detektorja	250 °C
- pretok nosilnega plina (He)	0,7 ml/min
- pretok make-up plina (N <sub>2</sub> )	45 ml/min
- pretok gorilnega plina (H <sub>2</sub> )	40 ml/min
- pretok sintetičnega zraka	450 ml/min
- volumen injiciranja	1 µl
- split razmerje	20:1

Rezultate analize (maščobnokislinske sestave) smo podali v masnih deležih (%), to je v gramih posamezne maščobne kisline, ki se nahaja v 100 g vseh maščobnih kislin.

### 3.3 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

V raziskavi smo podatke za analizo maščobnokislinske sestave vzorcev sira uredili v programu MS Excell, ter z njim izračunali osnovno statistiko. V statistično obdelavo smo zajeli povprečja, standardne odklone, koeficiente variabilnosti, ter najmanjše in največje vrednosti posameznih MK kot tudi skupine MK. Analizirali smo maščobne kisline, katerih masni delež v sirih je presegel 0,3 % (C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0, C14:1 n-5, C15:0 a-iso, C15:0, C16:0 iso, C16:0, C16:1 n-7, C17:0 iso, C17:0 a-iso, C17:0, C18:0, tC18:1 n-7, cC18:1 n-9, C18:2 n-6, C18:3 n-3, KKK), skupine maščobnih kislin (NMK, ENMK, VNMK, RMK, n-3 VNMK, n-6 VNMK, TRANS MK, trans C18:1 in trans C18:2 MK) in razmerje med n-3 in n-6 VNMK.

### 3.3.1 Statistični model

S pomočjo programa SAS/STAT (SAS, 1994) in metodo najmanjših kvadratov v proceduri GLM (General linear models) smo preverjali vpliv sezone (obroka) na vsebnost MK v siru.

Vpliva načina reje (konvencionalna, ekološka) nismo mogli določiti zaradi premajhnega števila vzorcev z ekoloških kmetij v zimski sezoni, saj smo s teh kmetij v zimskem času dobili le en vzorec sira.

Uporabili smo statistični model:

$$y_{ij} = \mu + O_i + e_{ij}$$

kjer je:  $y_{ij}$ -opazovana lastnost,  $\mu$ -srednja vrednost;  $O_i$ -sezona priraje ( $i$ =poletna, zimska);  $e_{ij}$ -ostanek.

## 4 REZULTATI

Z raziskavo smo želeli ugotoviti maščobnokislinsko sestavo najbolj pogostih vrst sirov, ki jih izdelujejo naši sirarji. Prav tako smo skušali ugotoviti, kako sezona priraje mleka in z njo vezana prehrana molznic vplivata na maščobnokislinsko sestavo sirov. Zajeli smo vzorce sirov, ki so bili izdelani na kmetijah s konvencionalnim in ekološkim načinom reje, ter v nekaterih mlekarnah (Kočevje, Vipava, Kobarid, Ljutomer).

### 4.1 VSEBNOSTI POSAMEZNIH MAŠČOBNIH KISLIN TER SKUPIN MAŠČOBNIH KISLIN V ANALIZIRANIH SIRIH

S pomočjo kapilarne plinske kromatografije smo v 33 vzorcih sira določili 69 različnih MK in se odločili, da bomo v statistično obdelavo zajeli le tiste MK, katerih masni delež (%) presega 0,3 %. Takšnih MK je bilo 21. V preglednici 6 so podani osnovni statistični parametri za posamezne MK v vseh analiziranih vzorcih sira, tako iz konvencionalne, kot tudi ekološke reje in mlekarn. V povprečju sta največji delež k maščobnokislinski sestavi sirov prispevali C16:0 (29,82 %) in C18:1 n-9 (20,87 %) kislini. Sledita jima C14:0 z 11,50 % in C18:0 z 10,73 %. Deleža C12:0 in C10:0 kisline sta v povprečju znašala 3,44 % in 2,91 %. Največje razlike so bile v vsebnosti tC18:1 n-9 kisline (KV=60,34 %), ki jo je maščoba v povprečju vsebovala 2,09 %, KKK (KV=51,28 %) in C18:3 n-3 (KV=46,82 %). Delež KKK je v vzorcih sira v povprečju znašal 0,83 %, delež C18:3 n-3 kisline pa 0,74 %. Najnižji koeficient variabilnosti (KV) je pri C4:0 in C15:0 kislini z 9,90 % in 9,27 %.

Preglednica 6: Osnovni statistični parametri za posamezne MK (%) v vseh analiziranih vzorcih sira (n=33)

Maščobne kisline	Povprečje (%)	STD	KV (%)	MAX	MIN
C4:0 (maslena)	1,83	0,18	9,90	2,44	1,38
C6:0 (kaprojska)	1,66	0,21	12,76	1,97	0,84
C8:0 (kaprilska)	1,24	0,20	15,83	1,43	0,61
C10:0 (kaprinska)	2,91	0,53	18,27	3,49	1,45
C12:0 (lavrinska)	3,44	0,62	17,91	4,17	1,70
C14:0 (miristinska)	11,50	1,46	12,66	13,78	6,73
C14:1 n-5	1,30	0,20	15,22	1,84	0,80
C15:0 a-iso	0,58	0,10	17,64	0,84	0,41
C15:0	1,23	0,11	9,27	1,61	1,01
C16:0 iso	0,33	0,06	18,29	0,47	0,19
C16:0 (palmitinska)	29,82	3,13	10,51	34,60	21,18
C16:1 n-7	1,52	0,20	13,25	1,97	1,13
C17:0 iso	0,38	0,06	16,54	0,54	0,28
C17:0 a-iso	0,50	0,06	11,74	0,65	0,40
C17:0	0,70	0,10	14,99	1,04	0,55
C18:0 (stearinska)	10,73	1,42	13,28	14,80	8,07
tC18:1 n-7 (vakcenska)	2,09	1,26	60,34	5,50	0,65
cC18:1 n-9 (oleinska)	20,87	2,37	11,35	25,47	16,68
C18:2 n-6 (linolna)	1,86	0,35	19,10	2,54	0,41
C18:3 n-3 ( $\alpha$ -linolenska)	0,74	0,35	46,82	1,97	0,33
KLK	0,83	0,43	51,28	1,91	0,32

n – število vzorčenj; STD – standardni odklon; KV – koeficient variabilnosti

V preglednici 7 predstavljamo skupine MK in razmerja med posameznimi MK v analiziranih vzorcih. Siri so v povprečju vsebovali 67,60 % NMK, z razponom od 55,95 % do 73,14 %, 27,77 % ENMK in 4,64 % VNMK.

Razvejanih MK (RMK) je bilo v povprečju 1,79 %, n-3 VNMK 1,15 %, n-6 VNMK pa 2,64 %. V povprečju je bilo razmerje med n-6 in n-3 VNMK 2,6 proti 1, z razponom od 5,55 do 0,56. TRANS MK je bilo povprečno 3,32 %, z razponom od 1,69 % do 8,32 %, medtem ko je bilo trans C18:1 izomer 2,75 %, trans C18:2 izomer pa 0,45 %.

Preglednica 7: Osnovni statistični parametri za skupine MK (%) in razmerje med n-6 in n-3 VNMK v vseh analiziranih vzorcih sira (n = 33)

Vsote in razmerja	Povprečje (%)	STD	KV (%)	MAX	MIN
NMK	67,60	4,16	6,15	73,14	55,95
ENMK	27,77	3,21	11,56	34,90	22,74
VNMK	4,64	1,24	26,64	9,28	3,45
RMK	1,79	0,25	14,25	2,46	1,32
n-6 VNMK	2,64	0,56	21,38	4,52	0,82
n-3 VNMK	1,15	0,49	42,57	2,87	0,57
TRANS MK	3,32	1,61	48,63	8,32	1,69
- trans C18:1	2,75	1,26	45,64	6,25	1,42
- trans C18:2	0,45	0,34	76,46	1,75	0,14
n-6/n-3 VNMK	2,57	0,99	38,47	5,55	0,56

## 4.2 VPLIV SEZONE PRIREJE MLEKA NA MAŠČOBNOKISLINSKO SESTAVO SIRA S KONVENCIONALNIH KMETIJ IN MLEKARN

### 4.2.1 Siri s konvencionalnih kmetij

Iz rezultatov v preglednici 8 lahko vidimo, da so siri, narejeni iz MPO, vsebovali statistično značilno manjši delež C6:0, C8:0, C10:0, C12:0 in C14:0 MK (1,67 %, 1,27 %, 3,05 %, 3,58 %, 11,78 %), kot siri, narejeni iz MZO (1,75 %, 1,35 %, 3,30 %, 3,92 %, 12,43 %). V deležih C4:0, C16:0, C18:0, tC18:1 n-7, C18:1 n-9, C18:2 n-6, C18:3 n-3 in KLK nismo ugotovili statistično značilnih razlik. V sirih, narejenih iz MPO in MZO je prevladovala C16:0 kislina, saj je v povprečju njen delež znašal kar 30,49 %. Po vsebnosti so ji sledile C18:1 n-9, C14:0 in C18:0 MK. Delež C18:1 n-9 MK je pri sirih, narejenih iz MPO znašal 20,86 %, pri sirih, narejenih iz MZO pa 19,43 %. Kljub temu, da razlike niso bile statistično značilne so siri, narejeni iz MPO vsebovali tudi večji delež C18:0, tC18:1 n-7, C18:2 n-6 in KLK (10,52 %, 1,96 %, 1,94 %, 0,81 %), kot siri, narejeni iz MZO (9,81 %, 1,35 %, 1,85 %, 0,58 %). Nekoliko več esencialne C18:3 n-3 kisline pa so vsebovali siri, narejeni iz MZO z 0,63 %, vendar prav tako razlika ni bila statistično značilna.

Preglednica 8: Masni deleži (%) MK v sirih, izdelanih na kmetijah s konvencionalnim načinom reje (poletna (MPO) in zimska (MZO) sezona oz. obrok)

	Poletna sezona (n = 7)	Zimska sezona (n = 9)		
Maščobne kisline	X±SE	X±SE	R <sup>2</sup>	p-vrednost
C4:0	1,77 ± 0,08	1,85 ± 0,07	0,03	ns
C6:0	1,67 ± 0,02	1,75 ± 0,02	0,38	*
C8:0	1,27 ± 0,02	1,35 ± 0,02	0,43	**
C10:0	3,05 ± 0,06	3,30 ± 0,05	0,41	**
C12:0	3,58 ± 0,10	3,92 ± 0,08	0,34	*
C14:0	11,78 ± 0,23	12,43 ± 0,12	0,25	*
C16:0	29,76 ± 0,98	31,22 ± 0,60	0,16	ns
C18:0	10,52 ± 0,38	9,81 ± 0,34	0,12	ns
tC18:1 n-7	1,96 ± 0,30	1,35 ± 0,26	0,14	ns
C18:1 n-9	20,86 ± 0,69	19,43 ± 0,61	0,15	ns
C18:2 n-6	1,94 ± 0,11	1,85 ± 0,09	0,03	ns
C18:3 n-3	0,59 ± 0,07	0,63 ± 0,06	0,01	ns
KLK	0,81 ± 0,10	0,58 ± 0,09	0,17	ns

\*\*\*-p<0,001, \*\*-p<0,01, \*-p<0,05, ns-ni statistično značilno

SE – standardna napaka

R<sup>2</sup> – determinacijski koeficient

V preglednici 9 predstavljamo vsebnosti skupin MK v sirih, narejenih iz MPO in MZO. Z analizo variance smo ugotovili, da je sezona priraje mleka (poletni ali zimski obrok) na posameznih kmetijah statistično značilno vplivala samo na vsebnost NMK, medtem ko na vsebnosti ENMK, VNMK, RMK, n-6 in n-3 VNMK, TRANS MK, trans C18:1, trans C18:2 in razmerje med n-6 in n-3 VNMK ni imela statistično značilnega vpliva. V vzorcih sirov iz konvencionalnih kmetij, so pri sirih, narejenih iz MZO, NMK predstavljale 70,12 %, kar je statistično značilno več, kot v sirih, narejenih iz MPO (67,72 %). Razmerje med n-6 in n-3 VNMK je bilo v sirih, narejenih iz MPO 3,03, v sirih, narejenih iz MZO pa 2,88.

Preglednica 9: Masni deleži (%) skupin MK v sirih, izdelanih na kmetijah s konvencionalnim načinom reje (poletna (MPO) in zimska (MZO) sezona oz. obrok), ter razmerje med n-6 in n-3 VNMK

	Poletna sezona (n = 7)	Zimska sezona (n = 9)		
Vsote in razmerja	X±SE	X±SE	R <sup>2</sup>	p-vrednost
NMK	67,72 ± 0,79	70,12 ± 0,70	0,27	*
ENMK	27,80 ± 0,75	25,81 ± 0,66	0,22	ns
VNMK	4,48 ± 0,18	4,07 ± 0,16	0,17	ns
RMK	1,76 ± 0,12	1,66 ± 0,10	0,03	ns
n-6 VNMK	2,76 ± 0,10	2,50 ± 0,08	0,22	ns
n-3 VNMK	0,95 ± 0,10	0,97 ± 0,09	0,001	ns
TRANS MK	3,06 ± 0,35	2,48 ± 0,31	0,10	ns
- trans C18:1	2,55 ± 0,29	2,11 ± 0,26	0,08	ns
- trans C18:2	0,40 ± 0,06	0,28 ± 0,05	0,13	ns
n-6/n-3 VNMK	3,03 ± 0,43	2,88 ± 0,38	0,005	ns

\*\*\*-p<0,001, \*\*-p<0,01, \*-p<0,05, ns-ni statistično značilno

SE – standardna napaka

R<sup>2</sup> – determinacijski koeficient

#### 4.2.2 Siri iz mlekarne

Pri vzorcih sirov iz mlekarne je bil vpliv sezone priraje mleka (poletna in zimska) statistično značilen pri deležih C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, tC18:1 n-7, C18:1 n-9 in KLK (preglednica 10). Sezona priraje mleka ni statistično značilno vplivala na vsebnosti C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C18:2 n-6 in C18:3 n-3 MK v sirih. Tudi v sirih, ki so bili narejeni v mlekarneh, prevladuje C16:0 kislina, saj so je siri, narejeni iz MPO vsebovali 28,57 %, siri, narejeni iz MZO pa 32,56 %. Velik delež k maščobnokislinski sestavi sirov prispeva tudi C18:1 n-9, ki ima v sirih, narejenih iz MPO, večji delež (22,68 %), kot v sirih, narejenih iz MZO (19,55 %) in C18:0 kislina (11,28 % pri MPO, 10,03 % pri MZO). V sirih, narejenih iz MPO smo določili tudi večji delež tC18:1 n-7 in KLK. Delež tC18:1 n-7 kisline je znašal v sirih, narejenih iz MPO 2,53 %, medtem ko v sirih, narejenih iz MZO le 1,27 %. V povprečju je bilo KLK v sirih, narejenih iz MPO 0,98 %, v sirih, narejenih iz MZO pa 0,54 %.



Preglednica 10: Masni deleži (%) MK v sirih, izdelanih v mlekarah (poletna (MPO) in zimska (MZO) sezona oz. obrok)

	Poletna sezona (n = 5)	Zimska sezona (n = 7)		
Maščobne kisline	X±SE	X±SE	R <sup>2</sup>	p-vrednost
C4:0	1,78 ± 0,08	1,85 ± 0,07	0,04	ns
C6:0	1,62 ± 0,13	1,68 ± 0,11	0,01	ns
C8:0	1,19 ± 0,10	1,25 ± 0,08	0,02	ns
C10:0	2,70 ± 0,18	3,01 ± 0,15	0,15	ns
C12:0	3,11 ± 0,11	3,66 ± 0,09	0,61	**
C14:0	10,82 ± 0,11	12,23 ± 0,09	0,91	***
C16:0	28,57 ± 0,45	32,56 ± 0,38	0,82	***
C18:0	11,28 ± 0,16	10,03 ± 0,18	0,78	***
tC18:1 n-7	2,53 ± 0,20	1,27 ± 0,17	0,70	***
C18:1 n-9	22,68 ± 0,43	19,55 ± 0,37	0,75	***
C18:2 n-6	1,61 ± 0,20	1,88 ± 0,17	0,10	ns
C18:3 n-3	0,79 ± 0,07	0,59 ± 0,06	0,31	ns
KLK	0,98 ± 0,06	0,54 ± 0,05	0,77	***

\*\*\*-p<0,001, \*\*-p<0,01, \*-p<0,05, ns-ni statistično značilno

SE – standardna napaka

R<sup>2</sup> – determinacijski koeficient

Siri, narejeni iz MPO v mlekarah (preglednica 11), so vsebovali statistično značilno večji delež ENMK (29,97 %), RMK (1,82 %), TRANS MK (3,69 %) in trans C18:1 MK (3,14 %), kot siri iz MZO. Nasprotno pa je bil delež NMK v sirih, narejenih iz MZO, statistično značilno večji (70,45 %), kot v sirih, narejenih iz MPO (65,50 %). Delež trans C18:1 MK je bil v sirih, narejenih iz MPO skoraj dva krat večji (3,14 %), kot v sirih, narejenih iz MZO (1,90 %). Na delež VNMK, n-6 in n-3 VNMK, razmerje med n-6 in n-3 VNMK ter delež trans C18:2 MK v sirih, sezona priraje mleka, ni imela statistično značilnega vpliva.

Preglednica 11: Masni deleži (%) skupin MK v sirih, izdelanih v mlekarnah (poletna (MPO) in zimska (MZO) sezona oz. obrok), ter razmerje med n-6 in n-3 VNMK

	Poletna sezona (n = 5)	Zimska sezona (n = 7)		
Vsote in razmerja	X±SE	X±SE	R <sup>2</sup>	p-vrednost
NMK	65,50 ± 0,39	70,45 ± 0,33	0,91	***
ENMK	29,97 ± 0,45	25,56 ± 0,38	0,85	***
VNMK	4,53 ± 0,24	4,00 ± 0,20	0,23	ns
RMK	1,82 ± 0,04	1,67 ± 0,04	0,42	*
n-6 VNMK	2,33 ± 0,25	2,50 ± 0,21	0,03	ns
n-3 VNMK	1,21 ± 0,10	0,94 ± 0,08	0,31	ns
TRANS MK	3,69 ± 0,18	2,29 ± 0,15	0,78	***
- trans C18:1	3,14 ± 0,16	1,90 ± 0,14	0,77	***
- trans C18:2	0,39 ± 0,06	0,30 ± 0,05	0,14	ns
n-6/n-3 VNMK	2,02 ± 0,32	2,78 ± 0,27	0,25	ns

\*\*\*-p<0,001, \*\*-p<0,01, \*-p<0,05, ns-ni statistično značilno

SE – standardna napaka

R<sup>2</sup> – determinacijski koeficient

#### 4.3 MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA SIROV, IZDELANIH NA EKOLOŠKIH KMETIJAH

V preglednici 12 predstavljamo povprečja masnih deležev (%) posameznih MK v sirih iz ekoloških kmetij, v poletni in zimski sezoni priraje mleka. V raziskavi smo, zaradi majhnega števila vzorcev, primerjali vrednosti sira, narejenega iz MZO, s povprečjem štirih vzorcev sirov, narejenih iz MPO. V siru, narejenem iz MZO, smo v povprečju določili večjo vsebnost C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0 in C16:0 MK, kot v sirih, narejenih iz MPO. Siri, narejeni iz MPO so vsebovali večji delež C18:0, tC18:1 n-7, C18:1 n-9, KKK, ter esencialne C18:2 n-6 in C18:3 n-3 kisline.

Preglednica 12: Maščobnokislinska sestava (%) v sirih, izdelanih na ekoloških kmetijah (poletna (MPO) in zimska (MZO) sezona oz. obrok)

Maščobne kisline	Poletna sezona (n = 4)	Zimska sezona (n = 1)
C4:0	1,83	2,16
C6:0	1,39	1,97
C8:0	0,90	1,41
C10:0	1,80	3,13
C12:0	2,11	3,56
C14:0	8,27	12,53
C16:0	23,24	31,09
C18:0	13,67	10,5
tC18:1 n-7	4,77	2,38
C18:1 n-9	24,91	17,86
C18:2 n-6	2,01	1,76
C18:3 n-3	1,43	1,00
KLK	1,73	0,89

Siri, narejeni iz MPO (preglednica 13) na ekoloških kmetijah, so imeli v povprečju večjo vsebnost ENMK, VNMK, RMK, n-6 VNMK, n-3 VNMK, skupnih TRANS MK in vsoti trans C18:1 in trans C18:2 MK, kot sir, narejen iz MZO. Vsebnosti NMK in razmerje med n-6 in n-3 VNMK, so bile v siru, narejenem iz MZO, z ekološkim načinom krmljenja, večje kot v sirih, narejenih iz MPO. V edinem siru, narejenem iz MZO, je bila vsebnost NMK zelo visoka in je predstavljala kar 70,62 %, medtem ko so siri, narejeni iz MPO v povprečju vsebovali 58,56 % NMK. Velike razlike vidimo pri skupini VNMK, kjer siri, narejeni iz MPO vsebujejo več n-6 (3,48 %) in n-3 (2,14 %) VNMK, kot sir, narejen iz MZO (2,55 % in 1,53 %). V primerjavi s sirom, narejenim iz MZO, vsebujejo siri, narejeni iz MPO več TRANS MK (6,93 %), trans C18:1 MK (5,49 %) in trans C18:2 (1,17 %) MK.

Preglednica 13: Povprečni deleži skupin MK (%) ter razmerje med n-6 in n-3 VNMK v sirih, izdelanih na ekoloških kmetijah iz MPO (poletna sezona oz. obrok) in v siru iz MZO (zimna sezona oz. obrok)

<b>Vsote in razmerja</b>	<b>Poletna sezona (n = 4)</b>	<b>Zimska sezona (n = 1)</b>
NMK	58,56	70,62
ENMK	34,06	24,40
VNMK	7,37	4,98
RMK	2,16	1,59
n-6 VNMK	3,48	2,55
n-3 VNMK	2,14	1,53
TRANS MK	6,93	3,53
- trans C18:1	5,49	2,86
- trans C18:2	1,17	0,55
n-6/n-3 VNMK	1,65	1,67

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

V naši raziskavi smo želeli ugotoviti, kako sezona prireje mleka, oziroma vrsta obroka (zimski ali poletni), vpliva na maščobnokislinsko sestavo sira. Predvsem nas je zanimala maščobnokislinska sestava najbolj pogostih vrst sirov, ki jih izdelujejo naši kmetje in mlekarne. Primerjali pa smo tudi proizvodnjo sirov v Evropi.

Ugotavljali smo razlike v maščobnokislinski sestavi sirov, ki so bili narejeni na posameznih kmetijah ali mlekarnah, ki odkupujejo mleko iz okoliških kmetij. Siri, narejeni v mlekarnah, najbolj odražajo povprečno maščobnokislinsko sestavo sirov, ki jih pridelamo v Sloveniji. Izdelani so iz mleka, prirejenega tako na ekoloških, kot tudi konvencionalnih kmetijah, saj mlekarne v Sloveniji ne ločujejo mleka po načinu reje molznic. Pričakujemo, da se bo maščobnokislinska sestava sirov med siri, narejenimi iz MPO in MZO razlikovala, skladno s prehodom molznic iz zimskega na poletni obrok. Na konvencionalnih kmetijah so bili obroki skozi celo leto zelo podobni, saj so bile živali poleti deloma na paši, deloma pa v hlevu, pozimi pa so dobivale travno in koruzno silažo. V obeh primerih so poleg tega dobivale v dnevnem obroku večje količine močnih krmil. Na ekoloških kmetijah pa so bile poleti živali na paši, pozimi pa so v obrok, poleg voluminozne krme dobivale tudi nekaj močnih krmil.

#### 5.1.1 Proizvodnja in poraba sirov v Evropi

Avtorji (Hjartaker in sod., 2002) navajajo, da trend porabe mlečnih izdelkov, ki so ga proučevali v različnih evropskih državah, bolj variira med državami, kot pa znotraj mest v državi. Kljub temu obstajajo nekatere izjeme. Ugotovili so, da prebivalci Španije, Švedske in Danske zaužijejo največ mleka, najmanj pa Grki in Nemci. Vendar Grki in Nemci zaužijejo večje količine sira. Med največji porabniki sira spadata Francija in Nemčija, medtem ko ga Britanci zaužijejo najmanj.

V letu 1995 (preglednica 14) je Francija proizvedla skoraj 1,6 milijonov ton sira (kravje mleko), v letu 2006 pa več kot 1,8 milijonov ton. Nemčija je v letu 2006 proizvedla več kot 1,9 milijonov ton sira, sledi ji Italija z več kot 1,1 milijon tonami, Nizozemska s 714.000 tonami, Poljska z več kot 579.000 tonami in Danska s 355.500 tonami sira. Količina proizvedenega sira (kravje mleko) v Sloveniji se je povečevala do leta 2003, ko je dosegla 24.200 ton, medtem ko je proizvodnja sira v letu 2006 dosegla le 20.300 ton (preglednica 14). Povprečna letna količina kupljenega sira na prebivalca se je povečala od leta 1990 iz 4,1 kg na 8,7 kg v letu 2003 (Statistični letopis ..., 2005). Povečevala se je tudi dneva količina sira na prebivalca, ki je v letu 2003 znašala 24 g, v letu 1990 pa le 11 g (Voljč, 2007).

Preglednica 14: Proizvodnja sira (1000 t) nekaterih držav članic Evropske unije v letih od 1995 do 2006  
(Production of..., 2004)

	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Danska	311,0	306,0	317,9	320,2	326,1	335,4	355,4	355,5
Nemčija	1452,9	1686,3	1764,4	1762,1	1816,4	1865,4	1929,6	1994,6
Francija	1583,6	1725,9	1772,4	1794,2	1805,6	1837,9	1827,5	1858,2
Italija	918,6	1017,2	1090,6	1072,8	1097,4	1087,2	1155,6	1154,0
Nizozemska	691,0	684,0	651,8	639,1	657,9	675,2	672,2	714,0
Poljska	324,0	427,5	455,2	484,5	472,2	513,1	535,7	579,9
Slovenija	15,3	21,4	21,7	22,6	24,2	23,8	22,0	20,3

V tržni raziskavi, ki jo je objavila Agencija Republike Slovenije za kmetijske trge in razvoj podeželja (Tržno poročilo, 2007), so količine sirov podane le za mlekarne, ki so v predhodnem letu odkupile več kot 5.000 ton mleka (preglednica 15). V teh mlekarnah so v letu 2006 v povprečju proizvedli največ sira tipa edamec (2.009 ton) in Gavde (1.897 ton). Sledili so jima siri ementalskega tipa, siri tipa trapist, Mozzarella, Tolminski sir in Zbrinc.

Preglednica 15: Povprečna količina sirov (ton) v letu 2006 iz mlekarn (Tržno poročilo, 2007)

	Sir Mozzarella	Sir tipa trapist	Sir tipa edamec	Sir Gavda	Tolminski sir	Sir ementalskega tipa	Sir Zbrinc
Količina (ton)	472,7	495,4	2008,8	1897,3	86,7	982,9	51,6

### 5.1.2 Primerjava maščobnokislinske sestave sirov

V letu 2005 smo analizirali 33 vzorcev sira, ter primerjali njihovo maščobnokislinsko sestavo glede na različno sezono priraje mleka (poletna in zimska). V obeh sezonah so bili zajeti vzorci iz ekoloških, kot tudi konvencionalnih načinov priraje mleka in mlekarn. 16 vzorcev sirov je bilo narejenih iz MPO, 17 pa iz MZO. Izmed 21 MK, ki smo jih statistično obdelali, je bilo 14 NMK, 4 ENMK in 3 VNMK. V povprečju (preglednica 6) sta največji delež k maščobnokislinski sestavi prispevali C16:0, katere vsebnost je bila 29,82 % in C18:1 n-9 z 20,87 % deležem. Nekoliko manjši masni delež imata C14:0 z 11,50 % in C18:0 z 10,73 %. Če primerjamo naše rezultate z literaturnimi podatki (Prandini in sod., 2007) ugotovimo, da so vsebnosti teh štirih MK primerljive z našimi vzorci. Devet v raziskavo vključenih alpskih sirov je namreč v povprečju vsebovalo 11,34 % C14:0 MK, 31,25 % C16:0 MK in 11,90 % C18:0 MK. V naših vzorcih skupino VNMK v siru tvorijo predvsem esencialni C18:2 n-6 in C18:3 n-3 kislini, ter KKK. Njihove vrednosti se gibljejo od najmanj 0,41 % do največ 2,54 % pri C18:2 n-6 kislini, od 0,33 do 1,97 % pri C18:3 n-3 kislini in od 0,32 % do 1,91 % pri KKK. V raziskavi, ki so jo izvedli Prandini in sod. (2007) pa sta deleža C18:2 n-6 in C18:3 n-3 kisline znašala 1,99 % in 0,60 %.

Delež NMK (preglednica 7), ki predstavljajo prevladujočo skupino MK v siru, je v naši raziskavi v povprečju znašal 67,60 %, kar je nekoliko več kot pri rezultatih, ki jih navajajo Aro in sod. (1998). Le ti so v 14 evropskih državah v sirih v povprečju določili 64,91 % NMK. Do podobnih ugotovitev kot mi pa so prišli Prandini in sod. (2007), ki so v povprečju, iz vseh sirov (alpski siri, Švicarski ementalerji, Fontina Valdostana, Grana/Parmigiano), narejenih iz kravjega mleka, določili 66,92 % NMK.

Od vseh MK so štiri ENMK, ki smo jih vključili v statistično obdelavo v našem poskusu, predstavljale 27,77 %. Prevladuje C18:1 n-9 kislina, ki ima 81 % delež med ENMK oziroma 20,87 % od vseh maščobnih kislin. Te vrednosti se prav tako ujemajo z omenjenimi literaturnimi podatki (Prandini in sod., 2007; Jensen, 1992). Z manjšim deležem, ji v naših sirih sledijo tC18:1 n-7, C16:1 n-7 in C14:1 n-5 MK.

Skupina VNMK je v naših siri predstavljal v povprečju 4,64 %, z razponom med 3,45 % in 9,28 %, kar se ujema s podatki iz literature, ki navajajo vsebnosti od 3 do 6 % (Prandini in sod., 2007). Največji delež k skupni vsebnosti VNMK je prispevala C18:2 n-6 kislina, s povprečno vrednostjo 1,86 %. Skupina n-6 VNMK je v povprečju predstavljal 2,64 %, skupina n-3 VNMK pa 1,15 % (preglednica 7).

Vsota TRANS MK naših vzorcev je primerljiva s podatki, ki jih navajajo Aro in sod. (1998). Naši siri so vsebovali v povprečju 3,32 %, njihovi pa 4,5 % TRANS MK. Vsota trans C18:1 izomer je v povprečju znašala 2,75 %, vsota trans C18:2 izomer pa 0,45 %. Največji delež v tej skupini MK je prispevala tC18:1 n-7 kislina.

### **5.1.3 Vpliv sezone priraje mleka krav molznic na maščobnokislinsko sestavo sira**

S statistično primerjavo smo želeli ugotoviti, ali sezona priraje mleka vpliva na maščobnokislinsko sestavo sirov. Ugotovili smo, da je imela sezona priraje mleka na konvencionalnih kmetijah statistično značilen vpliv (preglednica 8) na vsebnosti C6:0, C8:0, C10:0, C12:0 in C14:0 MK. Na ostale vsebnosti MK v siri iz kmetij, sezona ni imela statistično značilnega vpliva. Statistično značilno pa je sezona priraje mleka, pri siri, izdelanih v mlekarnah, vplivala (preglednica 10) na vsebnosti C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, tC18:1 n-7, C18:1 n-9 MK in KKL. Na vsebnost C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C18:2 n-6 in C18:3 n-3 MK sezona priraje ni imela statistično značilnega vpliva.

V obeh primerih (konvencionalne kmetije, mlekarne) so siri, narejeni iz MZO vsebovali statistično značilno večji delež C12:0 in C14:0 MK, kot siri, narejeni iz MPO. Siri, izdelani na konvencionalnih kmetijah (preglednica 8) so v siri, narejenih iz MPO vsebovali statistično značilno manjši delež C6:0, C8:0 in C10:0 kisline, v primerjavi s siri iz MZO. Podobni so tudi rezultati maščobnokislinske sestave sira iz ekoloških kmetij (preglednica 12), ki so narejeni iz MPO. Tudi tu so vsebnosti kislin od C4 do C16 manjše, kot v siri iz MZO. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi Zeppa in sod. (2003), ki so v svoji raziskavi poskušali ugotoviti, kakšne so razlike v maščobnokislinski sestavi sirov, narejenih iz MPO in MZO (preglednica 4). Dokazali so ugodno maščobnokislinsko sestavo sirov, narejenih



iz MPO, saj vsebujejo statistično značilno manjši delež nasičenih kratkoverižnih (C6:0, C8:0, C10:0) in srednjeverižnih (C12:0, C14:0, C16:0) MK, v primerjavi s siri, narejenimi iz MZO. V sirih, narejenih iz MPO, so dokazali statistično značilno manjšo vsebnost C4:0 MK, kot v sirih, narejenih iz MZO. Tudi v naših sirih je bila vsebnost C4:0 kisline iz sirov, narejenih iz MPO, v obeh primerih (konvencionalne kmetije, mlekarne) nekoliko manjša, kot v sirih, narejenih iz MZO, vendar je bila razlika statistično neznačilna. Vplive botanične sestave travinja in vplive nadmorske višine na maščobnokislinsko sestavo mlečne maščobe opisujejo Collomb in sod. (2002), ki so ugotovili razlike v koncentracijah NMK, ENMK in VNMK, ter KLK v mleku molznic, ki so se pasle na pašnikih na različnih nadmorskih višinah.

Med NMK, je v vzorcih prevladovala C16:0 MK, katere delež je bil največji pri sirih iz MZO (32,56 %), izdelanih v mlekarnah. Sledila ji je C18:1 n-9 MK, ki je imela največji delež (24,91 %) pri sirih z ekoloških kmetij, narejenih iz MPO. V sirih, narejenih iz MPO, so pomemben del k MK sestavi prispevale tudi tC18:1 n-7, C18:2 n-6, C18:3 n-3 in KLK. Največ tC18:1 n-7 MK vsebujejo siri iz ekoloških kmetij (4,77 %), prav tako tudi C18:2 n-6 (2,01 %), C18:3 n-3 (1,43 %) in KLK (1,73 %). Podobne rezultate sta podali tudi Koman-Rajšp in Stibilj (2000), ki sta analizirali sire iz mlekarn, narejene iz mleka v poletnih mesecih (poletni obrok). Maščobnokislinska sestava sirov, ki sta jih analizirali, se ujema s podatki, ki smo jih določili v našem poskusu. Vrednosti, ki sta jih ugotovili znašajo v povprečju za C12:0 MK 2,04 %, za C14:0 MK 8,94 %, za C18:0 MK 14,80 % in za esencialne C18:3 n-3 MK 1,06 %. Te vsebnosti posameznih MK so najbolj primerljive z našimi siri iz ekoloških kmetij (MPO), kjer so vrednosti teh kislin znašale 2,11 %, 8,27 %, 13,67 % in 1,43 %. Prehrana molznic vpliva na sestavo mleka in sirov, zato je spremenjena maščobnokislinska sestava sirov posledica sprememb v obroku, oziroma načinu reje molznic.

V sirih, izdelanih na konvencionalnih kmetijah, je sezona priraje mleka statistično značilno vplivala samo na vsebnost NMK (preglednica 9). Pri mlekarnah pa je imela sezona statistično značilen vpliv na vsebnost NMK, ENMK, RMK, TRANS MK in skupino trans C18:1 MK (preglednica 11). Delež NMK, ki predstavljajo prevladujočo skupino MK v siru, je bil pri obeh skupinah (konvencionalne kmetije, mlekarne) v sirih, narejenih iz MZO

večji (70,12 % in 70,45 %), kot v sirih, narejenih iz MPO (67,72 % in 65,50 %). Tudi Zeppa in sod. (2003) so v svoji raziskavi prišli do zaključkov, da siri, narejeni iz MPO, ko obrok živali predstavlja predvsem pašo, vsebujejo večje količine NEMK in manj NMK, v primerjavi s siri, narejenimi iz MZO, kjer obrok temelji na senu in koncentratih. Vsebnost ENMK (C16:1, vsoto C18:1) in VNMK (KLK, C18:3 n-3) je bila v njihovi raziskavi statistično značilno manjša pri sirih, narejenih iz MZO, kot v sirih, narejenih iz MPO.

Deleža n-3 VNMK in n-6 VNMK sta bila v sirih iz konvencionalnih kmetij in mlekarn skozi celo leto precej konstantna, saj nismo ugotovili statistično značilnih razlik. Siri, narejeni iz MPO so v mlekarnah vsebovali nekoliko več n-3 VNMK (1,21 %), kot siri s konvencionalnih kmetij (0,95 %). Veliko VNMK so vsebovali tudi siri z ekoloških kmetij, ki so imeli v obeh sezonah bistveno več n-3 VNMK in n-6 VNMK, v primerjavi z vzorci s konvencionalnih kmetij in mlekarn. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi Zeppa in sod. (2003), ki navajajo da se delež n-6 in n-3 VNMK poleti poveča zaradi paše.

Delež ENMK je bil v sirih, narejenih iz MPO v mlekarnah statistično značilno večji (29,97 %), kot v sirih, narejenih na konvencionalnih kmetijah (27,80 %), kjer ni bilo statistično značilnih razlik med sezonama. Siri iz mlekarn so vsebovali tudi nekoliko večji delež TRANS MK (3,69 %) ter trans C18:1 MK (3,14 %), v primerjavi s siri iz konvencionalnih kmetij, ki so vsebovali 3,06 % TRANS MK in 2,55 % trans C18:1 MK. Na splošno so trans MK povezane z dejavniki tveganja za nastanek bolezni srca in ožilja, vendar pa moramo poudariti, da imajo različne pozicijske izomere različen učinek v presnovi oz. da je povečanje nevarnosti nastanka srčno žilnih bolezni različen (Salobir J. in Salobir K., 2003). Aro in sod. (1998) so v svoji študiji v 14 evropskih državah določili, da je delež TRANS MK v sirih znašal od 3,6 do 5,7 % od vseh MK, delež trans C18:1 izomer pa okoli 60 % od TRANS MK, kar je primerljivo tudi z našimi rezultati.

#### 5.1.4 Razmerje n-6 in n-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin

VNMK ločimo glede na položaj dvojnih vezi na dve družini VNMK: n-6 in n-3. Te imajo pomembno vlogo v strukturi membran in so prekurzorji eikozanoidov, biološko aktivnih spojin (Levart in sod., 2003). VNMK pa imajo pomembno vlogo tudi pri preventivi srčno žilnih bolezni (Williams, 2000). Bolj kot sama koncentracija posameznih maščobnih kislin iz skupin n-3 in n-6, je pomembno njihovo razmerje. Salobir J. in Salobir K. (2003) sta po podatkih svetovne zdravstvene organizacije (WHO) povzela, naj bo razmerje med n-6 in n-3 maščobnimi kislinami med 5:1 do 10:1. Simopoulos (1999) pa priporoča naj bo razmerje med n-6 in n-3 VNMK 1-2:1. V naši raziskavi smo ugotovili, da imajo siri, narejeni iz MPO na konvencionalnih kmetijah, nekoliko širše razmerje (3,03), kot siri, narejeni iz MZO (2,88). Siri iz mlekarn pa širše razmerje med n-6 in n-3 VNMK v sirih, narejenih iz MZO (2,78), kot pri sirih, narejenih iz MPO (2,02). V nobeni skupini nismo ugotovili statistično značilnih razlik med sezonama. Pri sirih iz ekoloških kmetij je bilo razmerje nekoliko ožje in podobno med sezonama. V sirih, narejenih iz MPO je bilo razmerje 1,65, v siru, narejenem iz MZO pa 1,67.

#### 5.1.5 Konjugirana linolna kislina

Vsebnost KLK v sirih ima širok razpon in je predvsem odvisna od vsebnosti KLK v surovem mleku (Prandini in sod., 2007). Avtorji so prišli tudi do zaključkov, da prehrana, ki temelji predvsem na sveži krmi in je bogata z VNMK, vpliva na delež KLK v mlečnih proizvodih.

Siri v naši raziskavi, narejeni iz MPO so imeli v vzorcih s konvencionalnih kmetij (preglednica 8) in v vzorcih iz mlekarn (preglednica 10) večji delež KLK (0,81 % in 0,98 %), kot siri, narejenih iz MZO (0,58 % in 0,54 %). Statistično značilen vpliv je imela sezona priraje mleka oz. vrsta obroka (zimski ali letni) le na delež KLK v sirih, narejenih v mlekarnah. Siri, ki so bili narejeni iz MPO na ekoloških kmetijah (preglednica 12), so vsebovali znatno večji delež KLK (1,73 %), kot sir, narejen na teh kmetijah iz MZO (0,89 %), vendar zaradi majhnega števila vzorcev nismo mogli statistično obdelati podatkov. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi Zeppa in sod. (2003), ki navajajo, da je bil delež KLK v

sirih, narejenih iz MPO 2,23 %, v sirih, narejenih iz MZO pa le 0,89 %. Tudi Prandini in sod. (2007) ter Bauman in sod. (2001) pravijo, da so vsebnosti KKK v mleku večje, ko so živali na paši. Zlatanos in sod. (2002) pa so v svoji raziskavi odkrili, da imajo siri z daljšim časom zorenja, večje vsebnosti KKK. Ugotovili so tudi, da lahko na vsebnost KKK v ovčjih in kozjih sirih vpliva tudi geografska lega, predvsem zaradi sezonskih in lokalnih sprememb sestave paše, kot tudi začetne vsebnosti KKK v mleku.

## 5.2 SKLEPI

Na osnovi opravljenih analiz MK sestave sirov v Sloveniji lahko zaključimo naslednje:

- ❖ V povprečju siri vsebujejo največji delež NMK (67,60 %), medtem ko ENMK predstavljajo 27,77 %, VNMK pa 4,64 % vseh maščobnih kislin v sirih.
- ❖ V povprečju siri vsebujejo največ palmitinske kisline (29,82 %), ki ji po deležu sledijo oleinska (20,87 %), miristinska (11,50 %) in stearinska (10,73 %).
- ❖ Siri so v povprečju vsebovali 0,83 % KLK. Razmerje med n-6 in n-3 VNMK je bilo 2,57.
- ❖ Siri, narejeni na konvencionalnih kmetijah iz MPO, vsebujejo statistično značilno manjši delež kaprojske (1,67 %), kaprilske (1,27 %), kaprinske (3,05 %), lavrinske (3,58 %) in miristinske (11,78 %) kisline, kot siri narejeni na teh kmetijah iz MZO (1,75 %, 1,35 %, 3,30 %, 3,92 %, 12,43 %). Pri deležu palmitinske, stearinske, vakkenske, oleinske, linolne, linolenske in KLK se siri med sezonama niso statistično značilno razlikovali. Delež NMK je bil večji pri sirih, narejenih iz MZO (70,12 %), kot pri sirih, narejenih iz MPO (67,72 %). V ostalih skupinah MK med sezonama oz. obrokom, nismo določili statistično značilnih razlik.
- ❖ Siri, narejeni na ekoloških kmetijah iz MPO, vsebujejo manjši delež NMK (58,56 %) in večji delež ENMK (34,06 %), VNMK (7,37 %) in TRANS MK (6,93 %), kot sir, narejeni na ekološki kmetiji iz MZO. Siri, narejeni iz MPO vsebujejo tudi večji delež KLK (1,73 %) in vakkenske kisline (4,77 %) ter imajo nekoliko ožje razmerje med n-6 in n-3 VNMK (1,65), kot sir, narejen na ekološki kmetiji iz MZO (0,89 % KLK, 2,38 % vakkenske kisline in razmerje med n-6 in n-3 VNMK 1,67).

- ❖ Siri, narejeni v mlekarnah iz MPO, vsebujejo manjši delež NMK (65,50 %) in večji delež ENMK (29,97 %), RMK (1,82 %), TRANS MK (3,69 %) in trans C18:1 MK (3,14 %), kot siri, narejeni iz MZO (70,45 % NMK, 25,56 % ENMK, 1,67 % RMK, 2,29 % TRANS MK, 1,90 % trans C18:1 MK). V sirih, narejenih iz MPO smo statistično značilno določili tudi večji delež stearinske (11,28 %), vakcenske (2,53 %) in oleinske (22,68 %) kisline, v primerjavi s siri, narejenimi iz MZO (10,03 %, 1,27 %, 19,55 %).
  
- ❖ Delež NMK je bil v sirih, narejenih iz MPO, najmanjši na ekoloških kmetijah (58,56 %), medtem ko so bili deleži ENMK, VNMK in TRANS MK v teh sirih največji (34,06 % ENMK, 7,37 % VNMK in 6,93 % TRANS MK). Siri, narejeni iz MPO, so vsebovali tudi več KKK (1,73 %) in vakcenske kisline (4,77 %) ter imeli ožje razmerje med n-6 in n-3 VNMK, kot siri, narejeni iz MPO na konvencionalnih kmetijah in v mlekarnah.

## 6 POVZETEK

V raziskavi smo želeli proučiti vpliv sezone prireje mleka oz. vrste obroka (zimski; MZO ali poletni; MPO) na maščobnokislinsko sestavo sirov v Sloveniji. Namen naloge je bil tudi proučiti vpliv načina reje (ekološka in konvencionalna reja) na maščobnokislinsko sestavo sirov. Ker smo imeli z ekoloških kmetij samo 1 vzorec sira iz MZO, teh rezultatov nismo mogli statistično obdelati, zato smo maščobnokislinsko sestavo teh vzorcev le primerjali med seboj. Pričakovali smo, da se bo maščobnokislinska sestava sirov med siri, narejenimi iz MPO in MZO razlikovala, skladno s prehodom molznic iz zimskega na poletni obrok. Na ekoloških kmetijah so bile živali v poletnem času večinoma na paši, medtem ko so pozimi dobivale voluminozno krmo in manjše količine močnih krmil. Pri konvencionalnem načinu reje pa so bile nekatere živali v poletnem času na paši, druge pa v hlevu. V obeh primerih so v dnevnem obroku dobivale večje količine močnih krmil. Pozimi so bile živali na konvencionalnih kmetijah krmljene s travno in koruzno silažo, poleg pa so dobivale tudi večje količine močnih krmil. Glede na to moramo poudariti, da so imele molznice na konvencionalnih kmetijah skozi celo leto po sestavi zelo podoben obrok (bolj zimski obrok).

V poskusu smo analizirali 33 vzorcev sira iz različnih območij Slovenije. Od tega je bilo 16 sirov, narejenih iz MPO, 17 sirov pa iz MZO. Sire smo ločili glede na to, kje so bili narejeni (konvencionalne in ekološke kmetije, ter mlekarne). V analizo smo iz konvencionalnih kmetij zajeli 7 sirov, narejenih iz MPO in 9 sirov, narejenih iz MZO. Mlekarne so k naboru vzorcev prispevale 5 sirov, narejenih iz MPO in 7 sirov, narejenih iz MZO. Ekološke sire smo zaradi premajhnega števila vzorcev iz MZO obravnavali ločeno (MPO = 4, MZO = 1).

Statistično smo v vzorcih sirov obdelali 21 MK, katerih masni delež je bil večji od 0,3 %. Ugotovili smo, da je imela sezona prireje mleka oz. vrsta obroka (zimski ali letni) pri vzorcih iz konvencionalnih kmetij, statistično značilen vpliv na vsebnost kaprojske, kaprilske, kaprinske, lavrinske, miristinske MK, ter na vsebnost NMK. Pri sirih iz mlekarn, ki bolje predstavljajo povprečno maščobnokislinsko sestavo sirov v Sloveniji (mleko iz ekoloških in konvencionalnih rej), je sezona prireje mleka statistično značilno vplivala na

vsebnost lavrinske, miristinske, palmitinske, stearinske, vakcenske, oleinske kisline in KLK. Vplivala pa je tudi na vsebnost NMK, ENMK, RMK, TRANS MK ter na vsoto trans C18:1 MK.

V obeh skupinah statistično obdelanih vzorcev (konvencionalne kmetije in mlekarne) je med posameznimi MK prevladovala palmitinska kislina. Po deležu so ji sledile oleinska, stearinska in miristinska kislina. V sirih, narejenih na konvencionalnih kmetijah iz MPO je bila vsebnost kaprojske (1,67 %), kaprilske (1,27 %), kaprinske (3,05 %), lavrinske (3,58 %) in miristinske (11,78 %) manjša, kot v sirih, narejenih iz MZO. Večji delež so v sirih, narejenih iz MPO predstavljale stearinska (10,52 %), vakcenska (1,96 %), oleinska (20,86 %), esencialna linolna kislina (1,94 %) in KLK (0,81 %), v primerjavi s siri, narejenimi iz MZO, vendar razlike niso bile statistično značilne. Maščobe sirov, narejenih iz MPO na konvencionalnih kmetijah so vsebovale manjši delež NMK (67,72 %), kot siri, narejeni iz MZO (70,12 % NMK). Siri, narejeni iz MPO so v povprečju vsebovali 27,80 % ENMK, 4,48 % VNMK in 3,06 % TRANS MK, medtem ko je bilo v sirih, narejenih iz MZO, 25,81 % ENMK, 4,07 % VNMK in 2,48 % TRANS MK. Razmerje med n-6 in n-3 VNMK je bilo v sirih, narejenih iz MPO nekoliko širše (3,03), kot pri sirih, narejenih iz MZO (2,88).

Pri sirih, narejenih iz MPO v mlekarneh, so bili deleži lavrinske (3,11 %), miristinske (10,82 %) in palmitinske (28,57 %) manjši, kot v sirih, narejenih iz MZO. Deleži stearinske (11,28 %), vakcenske (2,53 %), oleinske (22,68 %) in KLK (0,98 %) pa so bili večji v sirih, narejenih iz MPO, kot pa v sirih, narejenih iz MZO. V sirih, narejenih iz MPO smo v našem poskusu, pri vzorcih iz mlekarne določili tudi manjši delež NMK (65,50 %) in večji delež ENMK (29,97 %), kot v sirih, narejenih iz MZO (70,45 % NMK, 25,56 % ENMK). Siri, narejeni iz MPO vsebujejo tudi večji delež RMK (1,82 %), TRANS MK (3,69 %) in trans C18:1 (3,14 %) MK, kot siri, narejeni iz MZO, ki vsebujejo 1,67 % RMK, 2,29 % TRANS MK in 1,90 % trans C18:1 MK.



V sirih iz ekoloških kmetij, smo določili v poletni sezoni prireje mleka krav molznic (MPO) manjši delež NMK (58,56 %) in večji delež ENMK (34,06 %) in VNMK (7,37 %), kot v siru, narejenem iz MZO (70,62 % NMK, 24,40 % ENMK, 4,98 % VNMK). Delež maslene (1,83 %), kaprojske (1,39 %), kaprilske (0,90 %), kaprinske (1,80 %), lavrinske (2,11 %), miristinske (8,27 %) in palmitinske (23,24 %) MK, je bil manjši v sirih, narejenih iz MPO, delež stearinske (13,67 %), vakcenske (4,77 %), oleinske (24,91 %), linolne (2,01 %), linolenske kisline (1,43 %) in KKK (1,73 %) pa večji, kot v siru, ki je bil narejen iz MZO. Siri, narejeni iz MPO, so vsebovali tudi večji delež RMK (2,16 %), n-6 VNMK (3,48 %), n-3 VNMK (2,14 %), TRANS MK (6,93 %), trans C18:1 (5,49 %) in trans C18:2 MK (1,17 %), kot sir, narejen iz MZO (1,59 %, 2,55 %, 1,53 %, 3,53 %, 2,86 % in 0,55 %). Razlike v razmerju n-6 in n-3 VNMK, med siri, narejenimi iz MPO in MZO so bile majhne, saj je razmerje pri sirih, narejenih iz MPO znašalo 1,65, pri siru, narejenem iz MZO pa 1,67.

## 7 VIRI

- Aigster A., Sims C., Staples C., Schmidt R., O'Keefe S.F. 2000. Comparison of cheeses made from milk having normal or high oleic fatty acid composition. *Journal of Food Science*, 65: 920-924
- Aro A., Antoine J.M., Pizzoferrato L., Reykdal O., van Poppel G. 1998. Trans fatty acids in dairy and meat products from 14 European countries: The TRANSFAIR Study. *Journal of food composition and analysis*, 11: 150-160
- Bajt N., Golc-Teger S. 2002. Izdelava jogurta, skute in sira. Ljubljana, Kmečki glas: 142 str.
- Bauman D.E., Corl B.A., Baumgard L.H., Griinari J.M. 2001. Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. V: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Garnsworthy P.C., Wiseman J. (ed.). Nottingham University Press, 14: 221-250
- Buchin S., Martin B., Dupont D., Bornard A., Achilleos C. 1999. Influence of the composition of Alpine highland pasture on the chemical, rheological and sensory properties of cheese. *Journal of Dairy Research*, 67: 579-588
- Cencič L., Grašek V., Ogorevc B. 2006. Slovenski zaščiteni posebni kmetijski pridelki oziroma živila. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 10 str.
- Chin S.F., Liu W., Storkson J.M., Ha Y.L., Pariza M.W. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5: 185-197
- Coakley M., Barrett E., Murphy J.J., Ross R.P., Devery R., Stanton C. 2007. Cheese manufacture with milk with elevated conjugated linoleic acid levels caused by dietary manipulation. *Journal of Dairy Science*, 90: 2919-2927

- Collomb M., Bütikofer U., Sieber R., Jeangros B., Bosset J. O. 2002. Correlation between fatty acids in cow's milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland and botanical composition of the fodder. *International Dairy Journal*, 12: 661-666
- Fox P.F., Guinee T.P., Cogan T.M., McSweeney P.L.H. 2000. *Fundamentals of cheese science*. Gaithersburg, Springer, Aspen Publishers: 1-5  
<http://books.google.com/books?id=-oRp5VCVTQQC&printsec=frontcover&dq=subject:%22Cheese%22&sig=UuZ8K-Vf3IlgJzQkFj4v6N1yHItQ#PPR3,M1> (28. avg. 2007)
- Gomišček T. 2004. Sir, nato še vino. *Revija Vino*, 1.  
[http://www.revija-vino.si/vinoportal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=78&Itemid=112](http://www.revija-vino.si/vinoportal/index.php?option=com_content&task=view&id=78&Itemid=112) (23. apr. 2008)
- Henning D.R., Baer R.J., Hassan A.N., Dave R. 2006. Major advances in concentrated and dry milk products, cheese, and milk fat-based spreads. *Journal of Dairy Science*, 89: 1179-1188
- Hjartaker A., Logiou A., Slimani N., Lund E., Chirlaque M.D., Vasilopoulou E., Zavitsanos X., Berrino F., Sacerdote C., Ocke M.C., Peeters P.H.M., Engeset D., Skeie G., Aller A., Amiano P., Berglund G., Nilsson S., McTaggart A., Spencer E.A., Overvad K., Tjønneland A., Clavel-Chapelon F., Linseisen J., Schulz M., Hemon B., Riboli E. 2002. Consumption of dairy products in the European prospective investigation into cancer and nutrition (EPIC) cohort: data from 35 955 24-hour dietary recalls in 10 European countries. *Public Health Nutrition*, 5(6B): 1259-1271
- Jahreis G., Fritsche J., Steinhart H. 1997. Conjugated linoleic acid in milk fat: high variation depending on production system. *Nutrition Research*, 17, 9: 1479-1484

- Jensen R.G. 1992. Fatty acids in Milk and Dairy Products. V: Fatty acids in foods and their health implications. Chow C.K. (ed). New York, Marcel Dekker: 95-135
- Koman-Rajšp M., Stibilj V. 2000. Fatty acid composition of Edam, Emmental and Gouda cheeses produced in Slovenia in autumn 1997. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo (Zootehnika), 76: 95-101
- Lawson R.E., Moss A.R., Givens D.I. 2001. The role of dairy products in supplying conjugated linoleic acid to man's diet: a review. Nutrition Research Reviews, 14: 153-172
- 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, 6-7 nov. 2003. Adolf P. (ur.). Murska Sobota, Kmetijsko gozdarska zbornica: 33-45
- Lobb K. 1992. Fatty acids classification and nomenclature. V: Fatty acids in food and their health implications. Chow C.K. (ed.). New York, Marcel Dekker: 1-16
- Lopez C., Maillard M.B., Briard-Bion V., Camier B., A. Hannon J. 2006. Lipolysis during ripening of Emmental cheese considering organization of fat and preferential localization of bacteria. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 5855-5867
- Lucas A., Rock E., Chamba J.F., Verdier-Metz I., Brachet P., Coulon J.B. 2006. Respective effects of milk composition and the cheese-making process on cheese compositional variability in components of nutritional interest. Lait, 86: 21-41

Mahon G., Bisval A., Tissot AC. 2005. Milk collection in the European Union, EU – 25, 1999-2004. Agriculture and Fisheries - Statistic in focus 25/2005.

[http://209.85.135.104/search?q=cache:gD6-wmww\\_X0J:www.eustatistics.gov.uk/Download.asp%3FKS-NN-05-025-EN\\_tcm90-20168.pdf+Mahon+statistic+in+focus+25/2005+%22eurostat%22&hl=sl&ct=clnk&cd=1&gl=si](http://209.85.135.104/search?q=cache:gD6-wmww_X0J:www.eustatistics.gov.uk/Download.asp%3FKS-NN-05-025-EN_tcm90-20168.pdf+Mahon+statistic+in+focus+25/2005+%22eurostat%22&hl=sl&ct=clnk&cd=1&gl=si) (28. avg. 2007)

Martin B., Verdier-Metz I., Buchin S., Hurtaud C., Coulon J.B. 2005. How do the nature of forages and pasture diversity influence the sensory quality of dairy livestock products? Animal Science, 81: 205-212

Mavrin D., Oštir Š. 2002. Siri na Slovenskem trgu. Sodobno kmetijstvo, 35, 7-8: 329-332

Mc Donagh D., Lawless F., Gardiner G.E., Ross R.P., Stanton C., Donnelly W.J. 1999. Milk and dairy products for better human health. V: National Dairy Conference, 18 nov. 1999: 51-68

<http://www.teagasc.ie/publications/ndc1999/paper8.htm> (23. feb. 2008)

Miller G.D., Jarvis J.K., McBean L.D. 2000. Handbook of dairy food and nutrition. Second edition. Boca Raton, CRC Press LCC: 423 str.

Miletić S. 1994. Mlijeko i mliječni proizvodi. Zagreb, Hrvatsko mljekarsko društvo: 334-342

Park P.W., Goins R.E. 1994. In situ preparation of fatty acid methyl esters for analysis of fatty acid composition in foods. Journal of Food Science, 59: 1262-1266

Parodi P.W. 1999. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. Journal of Dairy Science, 82: 1339-1349

- Perko B. 2003. Slovenski avtohtoni siri-siri z geografskim poreklom (zgodovina, področje, tehnološki postopki). KGZ, delavnica za kmetijske svetovalce, Rodica, 18-19 nov. 2003. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 52 str.
- Prandini A., Sigolo S., Tansini G., Brogna N., Piva G. 2007. Different level of conjugated linoleic acid (CLA) in dairy products from Italy. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20: 472-479
- Pravilnik o kakovosti mleka, mlečnih izdelkov, siril in čistih cepiv. Url. RS št. 21-991/93
- Production of cheese. Milk statistics. 2004. Eurostat metadata.  
[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?\\_pageid=1996,39140985&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL&screen=detailref&language=en&product=Yearlies\\_new\\_agriculture&root=Yearlies\\_new\\_agriculture/E/E1/E12/eda30480](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1996,39140985&_dad=portal&_schema=PORTAL&screen=detailref&language=en&product=Yearlies_new_agriculture&root=Yearlies_new_agriculture/E/E1/E12/eda30480) (3. jan. 2008)
- Renčelj S., Perko B., Bogataj J. 1995. Siri nekdanj in zdaj. Ljubljana, ČZD Kmečki glas: 203 str.
- Rogelj I. 1996. Lastnosti in predelava mleka. V: Reja drobnice. Drev S. (ur.). Ljubljana, ČDŽ Kmečki glas: 207-231
- Rogelj I. 2002. Pomen mleka in mlečnih izdelkov v prehrani. *Sodobno kmetijstvo*, 35, 7-8: 338-341
- Salobir K. 2001. Prehranska fiziološka funkcionalnost maščob. V: Funkcionalna hrana. 21. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 8-9 nov. 2001. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 121-136
- Salobir J., Salobir K. 2003. Prehrana živali kot način spreminjanja živalskih proizvodov v funkcionalna živila. V: Zbornik predavanj 12. posvetovanja o prehrani domačih živali 'Zdravčevi-Erjavčevi dnevi', Radenci, 6-7 nov. 2003. Adolf P. (ur.). Murska Sobota, Kmetijsko gozdarska zbornica: 12-32

SAS/STAT User's guide. 1994. Version 6. Fourth edition. Cary, SAS Institute: 1686 str.

Slanovec T. 1982. Sirarstvo. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 176 str.

Simopoulos A.P. 1999. Essential fatty acids in health and chronic disease. American Journal for Clinical Nutrition, 70: 560S-569S

Souci S.W., Fachmann W., Kraut H. 1994. Food composition and nutrition tables. 5th revised and completed edition. Stuttgart, Medpharm Scientific Publishers: 1091 str.

Statistični letopis Republike Slovenije 2005. Povprečna količina nabavljenih živil in pijač na člana gospodinjstva.

[http://www.stat.si/iskanje\\_novo.asp?strNiz=povprečna%20količina%20živil](http://www.stat.si/iskanje_novo.asp?strNiz=povprečna%20količina%20živil)

(23. jun. 2007)

Stele A. 2007. Mleko in mlečni izdelki, Slovenija, 2006. Statistične informacije, št. 47. Kmetijstvo in ribištvo, št. 2, 29. junij 2007. Ljubljana, Statistični urad Republike Slovenije. <http://www.stat.si/doc/statinf/15-si-145-0701.pdf> (12. jan. 2008)

Tratnik L. 1998. Mlijeko – tehnologija, biokemija i mikrobiologija. Zagreb, Hrvatska mljekarska udruga: 211-254

Tržno poročilo. Leto 2006. Mlečni izdelki. 2007. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za kmetijske trge in razvoj podeželja, Sektor za kmetijske trge, Oddelek za tržno informacijski sistem.

[http://www.arsktrp.gov.si/fileadmin/arsktrp.gov.si/pageuploads/OTIS/LETNA\\_POROCILA/2006/Letno\\_porocilo\\_MLEKO\\_IN\\_MLECNI\\_IZDELKI\\_2006.pdf](http://www.arsktrp.gov.si/fileadmin/arsktrp.gov.si/pageuploads/OTIS/LETNA_POROCILA/2006/Letno_porocilo_MLEKO_IN_MLECNI_IZDELKI_2006.pdf) (9. mar. 2008)

Voljč M. 2007. Maščobnokislinska sestava mleka in ocena oskrbe slovenskih porabnikov z maščobnimi kislinami iz mleka in mlečnih izdelkov. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta. Oddelek za zootehniko: 66 str.

Zeppa G., Giordano M., Gerbi V., Arlorio M. 2003. Fatty acid composition of Piedmont 'Ossolano' cheese. *Lait*, 83:167-173

Zlatanov S., Laskaridis K., Feist C., Sagredos A. 2002. CLA content and fatty acid composition of Greek Feta and hard cheeses. *Food Chemistry*, 78: 471-477

Werner S.A., Lueddecke L.O., Shultz T.D. 1992. Determination of conjugated linoleic acid content and isomer distribution in three Cheddar-type cheeses: effect of cheese cultures, processing and aging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 1817-1821

Williams C.M. 2000. Dietary fatty acids and human health. *Annales de Zootechnie*, 49: 165-180



## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se prof. dr. Andreju Lavrenčiču, ki mi je kot mentor pomagal s strokovnimi nasveti in vodenjem dela pri diplomski nalogi. Najlepše se zahvaljujem tudi somentorici dr. Alenki Levart za vsestransko pomoč pri opravljanju diplomskega dela, ter vspodbudne besede. Prof. dr. Ireni Rogelj se zahvaljujem za strokovno recenzijo diplomske naloge.

Zahvaljujem se dr. Nataši Siard in ga. Karmeli Malinger za pomoč pri urejanju in pregledu diplomske naloge in angleškega izvlečka. Zahvala gre tudi ga. Jerneji Bogataj za prijaznost in pomoč pri iskanju literature.

Zahvaljujem se tudi celotni ekipi kemijskega laboratorija Katedre za prehrano, še posebno ga. Anici Mušič, za prijazno pomoč pri izvedbi analize.

Prisrčna hvala tudi ga. Sabini Knehtl, ki je vedno pripravljena pomagati študentom s prijaznim nasmehom.

Hvaležna sem svojim najbližjim, predvsem staršema, ki sta mi vedno stala ob strani. Hvala Gašperju za potrpežljivost, veliko mero razumevanja in ljubezni.

Hvala vsem mojim prijateljem in sošolcem za pomoč in lepe spomine, še posebno pa se zahvaljujem Marini in Janezu za nepozabne dni, ki smo jih doživeli skupaj.

Zahvaljujem se tudi vsem tistim, ki so mi kakorkoli pomagali in me spodbujali v času študija ter pri izdelavi diplomske naloge.

**ISKRENA HVALA!**

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Urška JURCA

**MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA SIROV V  
SLOVENIJI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2008