

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Tanja TRAVNIKAR

**VPLIV NARAVNEGA IN SINTETIČNEGA VITAMINA E NA  
OKSIDACIJSKO STABILNOST PIŠČANČJEGA MESA**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**EFFECT OF NATURAL AND SYNTHETIC VITAMIN E ON  
OXIDATIVE STABILITY OF BROILER MEAT**

GRADUATION THESIS  
University Studies

Ljubljana, 2009

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija zootehniko. Opravljeno je bilo na Katedri za prehrano Oddelka za zootehniko Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Poskus je bil opravljen v poskusnih hlevih Oddelka za zootehniko, kemijske analize pa v laboratoriju Katedre za prehrano.

Komisija za dodiplomski študij Oddelka za zootehniko je za mentorja diplomske naloge imenovala prof. dr. Janeza Salobirja in za somentorico as. dr. Alenko Levart.

Recenzentka: doc. dr. Tatjana Pirman

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Ivan ŠTUHEC  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

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

Član: as. dr. Alenka LEVART  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Član: doc. dr. Tatjana PIRMAN  
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.

Tanja TRAVNIKAR

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 636.5.084/.087:637.5(043.2)=163.6
KG	perutnina/pitovni piščanci/prehrana živali/krmni dodatki/vitamin E/meso/maščobne kisline/oksidacijska stabilnost
KK	AGRIS L51/6100
AV	TRAVNIKAR, Tanja
SA	SALOBIR, Janez (mentor)/LEVART, Alenka (somentorica)
KZ	SI-1230 Domžale, Groblje 3
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko
LI	2009
IN	VPLIV NARAVNEGA IN SINTETIČNEGA VITAMINA E NA OKSIDACIJSKO STABILNOST PIŠČANČJEGA MESA
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	X, 50 str., 14 pregl., 9 sl., 56 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	<p>V raziskavi smo želeli ugotoviti kako v krmni mešanici bogati s VNMK vpliva dodatek naravnega in sintetičnega vitamina E na oksidacijsko stabilnost svežega in kuhanega piščančjega mesa. V poskus je bilo vključenih 50 piščancev moškega spola. Živali so bile razdeljene na 5 skupin z 10 živalimi. Negativna kontrolna skupina (NK17) je dobivala krmo z velikim deležem NMK (palmova mast) in 17 IE vitamina E/kg. Poskusne skupine so dobivale krmo z velikim deležem VNMK (laneno olje) in naslednjimi koncentracijami vitamina E v različnih oblikah: 17 IE/kg skupina PK17, 85 IE/kg skupina RRR85, 85 IE/kg skupina DL85 in 207 IE/kg skupina DL200. Skupina RRR85 je v krmo dobivala dodatek naravnega vitamina E, skupini DL85 in DL200 pa dodatek sintetičnega. Na svežih in kuhanih vzorcih piščančjih prsi brez kože smo določili maščobnokislinsko sestavo in vsebnost malondialdehida (MDA). Rezultati poskusa kažejo, da je imelo meso skupin piščancev, ki so v krmi prejemale laneno olje, ugodnejšo maščobnokislinsko sestavo mesa, saj je imelo manj nezaželenih NMK ter več zaželenih VNMK. Medtem ko dodatek naravnega in sintetičnega vitamina E ni vplival na maščobnokislinsko sestavo svežega in kuhanega piščančjega mesa, pa je izboljšal oksidacijsko stabilnost svežega in kuhanega piščančjega mesa. Kot najbolj učinkovita oksidacijska zaščita se je tako v svežem kot kuhanem mesu izkazal dodatek DL200.</p>

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn  
DC UDC 636.5.084/.087:637.5(043.2)=163.6  
CX poultry/broilers/animal nutrition/feed additives/vitamin E/meat/fatty acids/oxidative stability  
CC AGRIS L51/6100  
AU TRAVNIKAR, Tanja  
AA SALOBIR, Janez (supervisor)/LEVART, Alenka (co-supervisor)  
PP SI-1230 Domžale, Groblje 3  
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Animal Science  
PY 2009  
TI EFFECT OF NATURAL AND SYNTHETIC VITAMIN E ON OXIDATIVE STABILITY OF BROILER MEAT  
DT Graduation Thesis (University studies)  
NO X, 50 p., 14 tab., 9 fig., 56 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB The aim of our work was to investigate how the supplementation of the PUFA enriched diet of broilers with natural and synthetic vitamin E affected the oxidative stability of raw and cooked chicken meat. The research was performed on 50 male broilers. The animals were divided into 5 groups, each contained 10 animals. The negative control group (NK17) was fed a diet with higher content of SFA (palm oil) and 17 IU of vitamin E/kg. Other groups were fed a diet with higher content of PUFA (linseed oil) in the following concentrations and forms of vitamin E: 17 IU/kg group PK17, 85 IU/kg group RRR85, 85 IU/kg group DL85, and 207 IU/kg group DL200. Group RRR85 had a natural vitamin E supplement in its diet, while groups DL85, and DL200 a synthetic vitamin E supplement. The content of malondialdehyde (MDA) and the fatty acids composition were determined on samples of raw and cooked skinless breast meat. The results of the experiment showed that the groups of broilers receiving linseed oil in their diet had meat with a better fatty acid composition. Their meat had a lower content of the less desirable SFA and a higher content of the desirable PUFA. The supplement of natural and synthetic vitamin E did not affect the fatty acid composition of raw and cooked chicken meat but on the other hand the supplementation improved the oxidative stability of raw and cooked chicken meat. The DL200 supplementation was the most efficient oxidation protection in both, the raw and also the cooked chicken meat.

## 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 OKSIDACIJSKA STABILNOST	3
2.2 LIPIDNA PEROKSIDACIJA MESA	3
<b>2.2.1 Potek lipidne peroksidacije</b>	<b>3</b>
<b>2.2.2 Posledice lipidne peroksidacije</b>	<b>4</b>
<b>2.2.3 Dejavniki obsega lipidne peroksidacije</b>	<b>5</b>
2.2.3.1 Maščobnokislinska sestava mesa	5
2.2.3.2 Katalizatorji	5
2.2.3.3 Nivo antioksidantov	5
2.2.3.4 Skladiščenje	5
<b>2.2.4 Malondialdehid (MDA)</b>	<b>6</b>
2.3 ANTIOKSIDANTI	6
2.4 PIŠČANČJE MESO	8
<b>2.4.1 Maščobne kisline</b>	<b>11</b>
<b>2.4.2 Nasičene maščobne kisline</b>	<b>13</b>
<b>2.4.3 Nenasičene maščobne kisline</b>	<b>13</b>
<b>2.4.4 Cis in trans maščobne kisline</b>	<b>13</b>

<b>2.4.5</b>	<b>Esencialne maščobne kisline</b>	<b>14</b>
<b>2.4.6</b>	<b>Priporočila za uživanje maščobnih kislin</b>	<b>14</b>
2.5	VPLIV PREHRANE ŽIVALI NA OKSIDACIJSKO STABILNOST ŽIVIL	14
<b>3</b>	<b>MATERIAL IN METODE</b>	<b>18</b>
3.1	MATERIAL	18
3.2	METODE DELA	20
<b>3.2.1</b>	<b>Priprava vzorcev</b>	<b>20</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Določanje maščobnokislinske sestave</b>	<b>20</b>
3.2.2.1	Priprava metilnih estrov maščobnih kislin	21
3.2.2.2	Plinska kromatografija	21
3.2.2.3	Priprava in derivatiziranje vzorcev za določevanje malondialdehida (MDA)	22
3.3	STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV	23
<b>4</b>	<b>REZULTATI IN RAZPRAVA</b>	<b>25</b>
4.1	PRIMERJAVA MAŠČOBNOKISLINSKE SESTAVE SVEŽIH IN KUHANIH VZORCEV MESA (IZRAŽENO KOT MASNI DELEŽ)	25
4.2	PRIMERJAVA MAŠČOBNOKISLINSKE SESTAVE MED SVEŽIMI IN KUHANIMI VZORCI MESA (IZRAŽENO KOT MASNI DELEŽ)	30
4.3	PRIMERJAVA MAŠČOBNOKISLINSKE SESTAVE SVEŽIH IN KUHANIH VZORCEV MESA (IZRAŽENO KOT mg MK/100 g mesa)	32
4.4	PRIMERJAVA MAŠČOBNOKISLINSKE SESTAVE MED SVEŽIMI IN KUHANIMI VZORCI MESA (IZRAŽENO KOT mg MK/ 100 g mesa )	36
4.5	VSEBNOST MDA V SVEŽEM IN KUHANEM MESU (IZRAŽENO KOT $\mu\text{g}/100\text{ g mesa}$ )	39
<b>5</b>	<b>SKLEPI</b>	<b>42</b>

<b>6</b>	<b>POVZETEK</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>VIRI</b>	<b>46</b>
	<b>ZAHVALA</b>	

## KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Maščobnokislinska sestava nekaterih živalskih maščob (%) (Souci in sod., 1994)	9
Preglednica 2: Maščobnokislinska sestava piščančjih prsi brez kože in kosti (mg MK/100 g mesa) (Golob in sod., 2006)	10
Preglednica 3: Pregled nekaterih pomembnih maščobnih kislin (IUPAC nom., 1984; Koman-Rajšp in Stibilj, 1998)	12
Preglednica 4: Povečanje potreb po vitaminu E zaradi zauživanja VNМК (mg vit. E/g VNМК) (Muggli, 1994)	15
Preglednica 5: Vsebnost MDA v hrbtni mišici in hrbtni slanini (mg/kg) prašičev krmljenih z dodatkom semena lana in ogrščice (Frankič in Salobir, 2007)	16
Preglednica 6: Vpliv zauživanja vitamina E na vsebnost vitamina E v nekaterih tkivih in na uspešnost prenosa iz krme v tkiva (Flachowsky in sod., 2000)	17
Preglednica 7: Sestava in vsebnost hranil v krmnih mešanicaх	19
Preglednica 8: Maščobnokislinska sestava (g MK/100 g maščob) pšenice, sojinih tropin, lanenega olja ter palmove masti	20
Preglednica 9: Vsebnosti posameznih MK in vsote MK (masni delež, %) v vzorciх svežega mesa po skupinah	26
Preglednica 10: Vsote MK (masni delež, %) v vzorciх svežega ter kuhanega piščančjega mesa (Cantor in sod., 2007)	28
Preglednica 11: Vsebnosti posameznih MK in vsote MK (masni delež, %) v vzorciх kuhanega mesa po skupinah	29
Preglednica 12: Vsebnosti posameznih MK in vsote MK (mg MK/100 g mesa) v vzorciх svežega mesa po skupinah	33
Preglednica 13: Vsebnosti posameznih MK in vsote MK (mg MK/100 g mesa) v vzorciх kuhanega mesa po skupinah	35
Preglednica 14: Vsebnost MDA v vzorciх svežega mesa in kuhanega mesa ( $\mu\text{g}/100\text{ g}$ mesa)	39



## KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Stereoizomere ALL–RAC– $\alpha$ –tokoferola (Hoppe in Krennrich, 2000)	8
Slika 2: Vpliv dodatka vitamina E in olja origana na koncentracijo vit. E in MDA v bedrni mišici piščancev med skladiščenjem v zmrznjenem stanju (Botsoglou in sod., 2003)	17
Slika 3: Masni delež (%) NMK pri kuhanih in svežih vzorcih po skupinah	31
Slika 4: Masni delež (%) ENMK pri kuhanih in svežih vzorcih po skupinah	31
Slika 5: Masni delež (%) VNMK pri kuhanih in svežih vzorcih po skupinah	32
Slika 6: Vsebnost NMK v svežih in kuhanih vzorcih mesa po skupinah (mg/100 g mesa)	37
Slika 7: Vsebnost ENMK v svežih in kuhanih vzorcih mesa po skupinah (mg/100 g mesa)	38
Slika 8: Vsebnost VNMK v svežih in kuhanih vzorcih mesa (mg/100 g mesa)	38
Slika 9: Vsebnost MDA ( $\mu$ g/100 g mesa) v svežem in kuhanem mesu	40

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

DNK	deoksiribonukleinska kislina
ENMK	enkrat nenasičene maščobne kisline
GLM	splošni linearni modeli ( <i>angl.</i> general linear models)
IE	internacionalna enota
IU	international unit
IUPAC	international Union of Pure and Applied Chemistry
LSM	srednje vrednosti najmanjših kvadratov ( <i>angl.</i> least square mean)
MDA	malondialdehid
MK	maščobna kislina
MUFA	enkrat nenasičene maščobne kisline ( <i>angl.</i> monounsaturated fatty acids)
NMK	nasičene maščobne kisline
P	p-vrednost
PUFA	večkrat nenasičene maščobne kisline ( <i>angl.</i> polyunsaturated fatty acids)
R <sup>2</sup>	delež pojasnjene variance
SFA	nasičene maščobne kisline ( <i>angl.</i> saturated fatty acids)
SN	standardna napaka
VNMK	večkrat nenasičene maščobne kisline
WHO	World Health Organization
ΣC18:1	vsota izomer C18:1

## 1 UVOD

Vzporedno z izobiljem hrane v razvitem svetu se je povečala pogostost kroničnih civilizacijskih bolezni. Zato se iščejo možnosti, ki bi omogočile izboljšanje prehranskega statusa prebivalstva. Eno od možnosti predstavlja funkcionalna hrana, ki jo lahko dosežemo tudi s prehrano živali. Prehrana živali oziroma maščobnokislinska sestava maščob krme ima velik vpliv na maščobnokislinsko sestavo živalskih maščob, predvsem pri neprežvekovalcih. Z dodajanjem primernih olj v krmo je mogoče povečati delež večkrat nenasičenih maščobnih kislin ter vsebnost n-3 maščobnih kislin, kar zmanjša nevarnost za razvoj srčno žilnih bolezni ter obenem zoži razmerje med n-6 in n-3 maščobnimi kislinami. Meso s tako spremenjeno maščobnokislinsko sestavo ugodno vpliva na zdravje potrošnikov (Salobir in Salobir, 2002).

Povečanje vsebnosti večkrat nenasičenih maščobnih kislin v mesu je s stališča prehranske vrednosti zelo dobrodošlo, z vidika kakovosti mesa pa je lahko nezaželeno, saj je tako meso bolj podvrženo oksidativnemu kvarjenju, ki vodi do poslabšanja senzoričnih lastnosti ter do nastanka toksičnih produktov. Za povečanje oksidativne stabilnosti ter kakovosti mesa se poslužujemo dodajanja vitamina E v krmo, ki ščiti večkrat nenasičene maščobne kisline pred oksidacijo.

Piščančje meso je med porabniki dobro sprejeto zaradi številnih pozitivnih lastnosti. Vsebuje majhen delež maščob, ima ugodno maščobnokislinsko sestavo, je dobro prebavljivo ter izkoristljivo. Ponudba jedi iz piščančjega mesa je široka, meso je hitro pripravljeno in cenovno dostopno. Cenjeno je tudi v dietni prehrani in prehrani bolnikov. Nove prehranske piramide mu dajejo prednost pred rdečim mesom in ga skupaj z ribjim mesom (poleg ostalega perutninskega mesa) uvrščamo v skupino živil, ki je priporočljiva v naši prehrani.

Porabniki se vedno bolj zavedajo pomena zdrave in uravnotežene prehrane ter negativnih učinkov prevelike količine maščob, nasičenih maščobnih kislin ter holesterola. Zaradi tega vzroka je v prihodnje pričakovati trend večjega povpraševanja po perutninskem mesu. Z vidika zdrave prehrane je tudi pričakovati, da bodo potrošniki pripravljene več plačati za tako meso.

Cilj diplomske naloge je bil ugotoviti, kako dodatek naravnega ali sintetičnega vitamina E v krmu, obogatenu z večkrat nenasičenimi maščobnimi kislinami, vpliva na maščobnokislinsko sestavo in oksidacijsko stabilnost svežega in kuhanega piščančjega mesa.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 OKSIDACIJSKA STABILNOST

Oksidacijsko stabilnost lahko definiramo kot vsoto endogenih in eksogenih razpoložljivih zaščitnih mehanizmov, ki skrbijo za ravnotežje učinkovanja med prooksidanti in antioksidanti (Referenčne vrednosti ..., 2004). Bolj preprosto povedano, oksidacijska stabilnost temelji na ravnotežju med prooksidanti in antioksidanti. Prooksidanti so snovi, ki to ravnotežje rušijo, medtem ko antioksidanti skrbijo, da je ravnotežje čim bolj stabilno (Bertelsen in sod., 2000).

Če se ravnotežje poruši, govorimo o oksidacijskem stresu (Aruoma, 1998). Oksidacijski stres pa povzroča lipidno peroksidacijo, ki vodi do mnogih zdravju škodljivih produktov ter do zmanjšanja kakovosti mesa (Esterbauer, 1993). Ravnoesje lahko izboljšamo z dodajanjem kofaktorjev endogenega antioksidativnega encimskega zaščitnega sistema (npr. cink, baker, selen) ali antioksidantov eksogenega neencimskega zaščitnega sistema (npr. vitamin E, karotenoidi) (Referenčne vrednosti ..., 2004).

### 2.2 LIPIDNA PEROKSIDACIJA MESA

Peroksidacija lipidov in s tem nastalih prostih radikalov je naraven pojav v bioloških sistemih in mesu. Peroksidacijo lipidov v mesu in mesnih izdelkih povzročajo spremembe med skladiščenjem, pripravo in predelavo mesa. Oksidirane maščobe so nezaželene komponente človekove prehrane (Skvarča, 2000). Predstavljajo glavni vzrok za pojav priokusov in žarkosti ter zmanjšujejo obstojnost in kakovost mesa (Jensen in sod., 1998).

V bioloških sistemih tvorijo maščobe s kisikom proste radikale, ki so zelo reaktivni in tvorijo perokside ter hidroperokside, ki so pobudniki novih reakcij. Običajno je oksidacija maščob v organizmu poimenovana peroksidacija, v živilih pa avtooksidacija (Baur, 1995).

#### 2.2.1 Potek lipidne peroksidacije

Ko govorimo o lipidni peroksidaciji mislimo na oksidacijo nenasičenih maščobnih kislin in holesterola, ki so izpostavljeni kisiku. To reakcijo še bolj pospeši toplota, svetloba, sevanje, sledovi kovin (železo, baker) in tudi delovanje nekaterih encimov. Naštete dejavnike, ki še

dodatno sprožajo oksidacijo (poleg kisika) imenujemo prooksidanti. Tako se nekaj molekul maščob razcepi v proste radikale. Običajno se nastali prosti radikali povežejo s kisikom in tvori se peroksidni radikal. Ta reagira z novo maščobno kislino, pri čemer se tvori hidroperoksid in prosti radikal, s čimer se nadaljuje verižna reakcija. Prosti radikali se sedaj tvorijo brez začetnih aktivatorjev. Reakcija se nadaljuje in več maščobnih kislin se pretvori v hidroperokside. To so primarni produkti peroksidacije lipidov. So nehlapni, brez vonja in okusa in še ne pride do pojava žarkosti (Skvarča, 2000).

Hidroperoksidi so relativno neobstoje spojine. Ko se njihova koncentracija poveča, pričnejo razpadati. Hidroperoksidi vstopijo v vrsto reakcij, ki vodi do nastanka še večje količine prostih radikalov in stabilnih prostih produktov. Ti stabilni končni produkti predstavljajo sekundarne produkte oksidacije, kot so aldehidi, ketoni, karbonili, alkoholi itd., ti pa so odgovorni za žarkost maščob (Skvarča, 2000).

### **2.2.2 Posledice lipidne peroksidacije**

Prva posledica lipidne peroksidacije je nastanek prostih radikalov. Sicer se prosti radikali v telesu nekega organizma stalno tvorijo in gre za naraven proces. Odgovorni pa so za nastanek mnogih bolezni (Aruoma, 1998). V stresnih situacijah se koncentracija prostih radikalov še bolj poveča, kar še dodatno ruši oksidacijsko stabilnost oziroma ravnotežje (Nielsen, 2008).

Produkti lipidne peroksidacije povečujejo možnost nastanka srčno žilnih bolezni, raka ter pospešujejo procese staranja (Botsoglou in sod., 1994). Nekateri končni produkti poškodujejo tudi proteine in DNK. Največjo škodo naredijo celičnim membranam, zmanjšajo njeno fluidnost (prožnost) ter inaktivirajo membranske encime in receptorje (Aruoma, 1998).

Velika količina zaužite krme, ki vsebuje veliko produktov lipidne peroksidacije, poveča možnost nastanka tumorjev in ateroskleroze pri živalih. Produkti povzročijo tudi spremembe celičnih membran, še posebej so prizadeti proteini in lipoproteini (Esterbauer, 1993).

## 2.2.3 Dejavniki obsega lipidne peroksidacije

### 2.2.3.1 Maščobnokislinska sestava mesa

Večji kot je delež večkrat nenasičenih maščobnih kislin, bolj je meso podvrženo lipidni peroksidaciji. Peroksidacija lipidov je najhitrejša v puranjem, sledi piščančje, svinjsko, nazadnje pa še goveje meso. Prežvekovalci imajo v sestavi lipidov pretežno nasičene in enkrat nenasičene maščobne kisline. Perutninsko meso vsebuje v primerjavi z rdečim mesom več večkrat nenasičenih maščobnih kislin (Hotchkiss in Parker, 1990; Brenes in sod., 2008).

### 2.2.3.2 Katalizatorji

Peroksidacija lipidov v mesu je pogojena s hem katalizatorji kot so hemoglobin, mioglobin, citokromi. Membrane lipidov v mesu so občutljive na peroksidacijo zaradi relativno velike vsebnosti železa. Ti katalizatorji pospešijo razgradnjo lipidnih peroksidov, tako da nastanejo prosti radikali (Skvarča, 2000).

### 2.2.3.3 Nivo antioksidantov

Tukaj gre predvsem za razmerje med količino prooksidantov ter antioksidantov (Brenes in sod., 2008). Prisotnost antioksidantov upočasni potek oksidacije maščob ter ščiti celične membrane pred vplivom prostih radikalov. Antioksidanti učinkujejo tako, da prekinejo verigo prostih radikalov v mehanizmu peroksidacije lipidov (Skvarča, 2000).

### 2.2.3.4 Skladiščenje

Pomembna je temperatura hlajenja mesa (hlajenje, zamrzovanje), pakiranje in drugi zunanji vplivi. Čeprav zamrzovanje velja kot ena najboljših metod konzerviranja mesa, se peroksidacija lipidov nadaljuje, tudi pri zelo nizkih temperaturah, čeprav bolj počasi (Žlender, 1995). Maščoba mesa je tudi občutljiva na prisotnost težkih kovin, dnevno svetlobo ter UV-svetlobo. Če je ob vseh teh dejavnikih prisoten še kisik, je lipidna peroksidacija še hitrejša (Referenčne vrednosti ..., 2004).

#### 2.2.4 Malondialdehid (MDA)

Malondialdehid je endogen genotoksičen produkt lipidne peroksidacije. V človeških celicah je mutagen. Odkrili so, da v glavnem poškoduje gvanin-citozin bazne pare v DNK molekulah. Največ povzroča insercij ter delecij, v manjši meri tudi substitucije baznih parov. Malondialdehid je mutagen v bakterijskih celicah in celicah sesalcev. Pri podganah so odkrili tudi karcinogen učinek. Njegova mutagenost naj bi bila primerljiva z UV-žarki (Niedernhofer in sod., 2003). Veliko zanimanje na MDA se je zlasti povečalo, ko so odkrili, da je mutagen ter karcinogen. Poleg tega se vključuje tudi v druge patološke procese, kot je na primer nastanek svetlečih pigmentov, ki so tipični za celično staranje. MDA uporabljamo tudi kot indikator obsega lipidne peroksidacije (Botsoglou in sod., 1994).

### 2.3 ANTIOKSIDANTI

Antioksidanti so skupina molekul, ki imajo sposobnost, da se oksidirajo namesto drugih snovi. Antioksidanti preprečujejo in zadržujejo vstop nastalih prostih radikalov v verižne reakcije ter tako zavirajo oksidacijske verižne reakcije, ne da bi se sami vključili vanje. S tem preprečujejo oksidacijo biološko pomembnih molekul v organizmu kot so lipidi, beljakovine in nukleinske kisline, ki so tarče prostih radikalov (Frankič in Salobir, 2007).

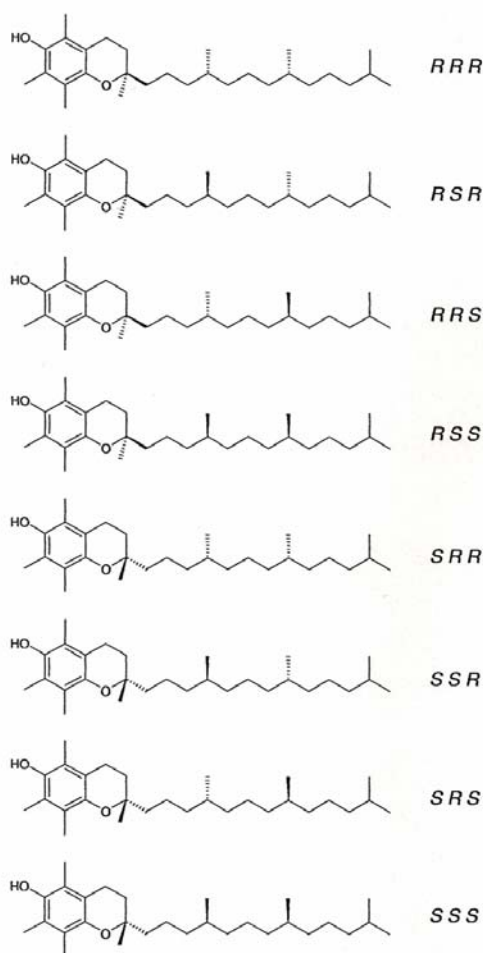
Antioksidante tako dodajamo v krmo, da zaščitimo meso pred lipidno peroksidacijo. Veliko se poslužujemo antioksidantov sintetičnega izvora. Temu pa potrošniki in zdravstvene organizacije nasprotujejo in poudarjajo uporabo antioksidantov naravnega izvora. Da bi zadovoljili potrošnika ter hkrati zaščitili meso pred lipidno peroksidacijo in njenimi škodljivimi produkti, vedno bolj uporabljamo nove prehranske strategije, kot na primer dodajanje vitamina E iz rastlinskih ekstraktov (Govaris in sod., 2005) v krmo živali. Sintetični antioksidanti so postali sporni tudi zaradi tega, ker imajo nekateri kancerogen učinek. Iz tega vzroka iščemo naravne, alternativne možnosti. Veliko pozornosti se zadnje čase daje rastlinam in začimbam, katere so bile stoletja tradicionalno uporabljene za izboljšanje senzoričnih karakteristik ter podaljševanja varnosti hrane. To so večinoma rastline, ki spadajo v družino ustnatic (lat. *Lamiaceae*). Tukaj predvsem mislimo na rožmarin, žajbelj in origano (Botsoglou in sod., 2001).



Raziskave kažejo, da dodatki rastlinskega olja rožmarina, žajblja ter origana v krmi izboljšujejo oksidacijsko stabilnost piščančjega in puranjega mesa pri shranjevanju v hladilniku oziroma zamrzovalniku (Goñi in sod., 2007).

Pod vitamin E vključujemo skupino kemičnih spojin, ki imajo vse v molekuli sistem obroča z eno prosto oziroma eno zaestreno OH-skupino ter eno nasičeno (tokoferoli) ali nenasičeno (tokotrienoli) izoprenoidno stransko verigo. Tokoferoli, ki nastopajo v naravi, sintetizirajo samo rastline (Referenčne vrednosti ..., 2004). Tako je vitamin E esencialen vitamin, ki je potreben za normalno rast in razvoj organizma. V organizmu deluje tudi kot najpomembnejši sistem zaščite pred oksidacijo maščob, torej ima antioksidacijsko vlogo. Največ ga najdemo v rastlinskih oljih ter oreških (Anwar in sod., 2007).

$\alpha$ -tokoferol je biološko najbolj aktivna oblika vitamina E.  $\alpha$ -tokoferol se nahaja kot samostojna stereoizomera, imenujemo ga tudi RRR- $\alpha$ -tokoferol. Vitamin E lahko pridobimo tudi sintetično. Kot sintetično pridobljenega, ga najdemo kot mešanico 8. stereoizomer in sicer RRR, RRS, RSR, RSS, SSS, SRR, SRS, SSR in vse te oblike skupaj imenujemo ALL-RAC- $\alpha$ -tokoferol (Slika 1). Njihova biološka aktivnost pa je različna. Od 100 % za RRR do 21% za SSR obliko oziroma v razmerju 1,36:1 za RRR obliko: ALL-RAC obliko. V povprečju je tako biološka aktivnost sintetične oblike v primerjavi z naravno obliko le 73%. V grobem označujemo naraven vitamin E kot RRR, sintetični vitamin E pa kot DL. (Hoppe in Krennrich, 2000; Proteggente in sod., 2005).



Slika 1: Stereoizomere ALL–RAC– $\alpha$ –tokoferola (Hoppe in Krennrich, 2000)

Ko živalim ponudimo krmo, bogato z večkrat nenasičenimi maščobnimi kislinami, ki so podvržene lipidni peroksidaciji ima dodatek vitamina E velik pomen (McDowell, 1989). Dodatek vitamina E poleg oksidacijske zaščite lipidov povečuje tudi koncentracijo tokoferolov v mesu in plazmi živali (Ajuyah in sod., 1993a). Povečana koncentracija tokoferolov v meso je dobra tudi za potrošnika in prehransko industrijo, saj je s tem izboljšana prehranska kakovost mesa (Marcinčák in sod., 2008).

## 2.4 PIŠČANČJE MESO

Piščančje meso ima iz prehranskega vidika številne prednosti. Vsebuje veliko beljakovin, mineralov ter malo maščob, od teh maščob pa je visok delež esencialnih maščobnih kislin. Piščančje meso vsebuje v povprečju 3,5-5 % maščobnega tkiva. Pomembno je to, da ima večjo vsebnost večkrat nenasičenih maščobnih kislin, v primerjavi z mesom ostalih živali (rdeče meso). Problem pa je ravno tukaj, saj so večkrat nenasičene maščobne kisline bolj

občutljive na lipidno peroksidacijo, v primerjavi z ostalimi maščobnimi kislinami. Lipidna peroksidacija pa je eden od glavnih vzrokov za zmanjšanje kakovosti mesa, še posebej v času shranjevanja. S tem mislimo na meso v hladilniku oziroma zamrzovalniku (Marcinčák in sod., 2008).

V preglednici 1 je prikazana maščobnokislinska sestava piščančjega, gosjega, prašičjega ter govejega mesa. Največ nasičenih MK (več kot 38 %) vsebujeta prašičje in goveje meso, najmanj pa piščančje meso (27,1 %). Prehransko najbolj zanimivih večkrat nenasičenih MK je največ v piščančjem mesu (23,1 %), v prašičjem mesu jih je okoli 10 %, najmanj pa jih je v govejem mesu (4,33 %).

Preglednica 1: Maščobnokislinska sestava nekaterih živalskih maščob (%) (Souci in sod., 1994)

Maščobna kislina	Piščanec	Gos	Prašič	Govedo
C14:0	0,5	0,5	1,2	2,3
C16:0	19,1	20,6	23,5	24,7
C16:1	3,0	2,7	3,4	3,4
C18:0	7,5	6,2	13,4	15,1
C18:1	47,2	54,9	41,2	38,8
C18:2	21,6	9,4	8,6	3,9
C18:3	1,5	1,2	1,0	0,5
∑ NMK	27,1	27,3	38,0	42,8
∑ ENMK	50,2	57,5	44,5	42,1
∑ VNMK	23,1	10,5	9,6	4,3

Vse vrste mesa vsebujejo maščobo in ravno vsebnost maščobe je med vsemi sestavinami mesa najbolj variabilna. Večina maščob, ki se akumulirajo v živalskem organizmu je odvisna od vrste živali, njene starosti, prehrane, fizične aktivnosti ter drugih fizioloških faktorjev (Fennema, 1997).

Iz preglednice 2 je razvidna povprečna maščobnokislinska sestava piščančjih prsi brez kože in kosti svežega mesa slovenskih piščancev.

Preglednica 2: Maščobnokislinska sestava piščančjih prsi brez kože in kosti (mg MK/100 g mesa) (Golob in sod., 2006)

Maščobna kislina	Povprečje	Minimum	Maksimum
C16:0, palmitinska kislina	208	137	267
C18:0, stearidinska kislina	69,2	53,5	87,3
C18:3 n-3, linolenska kislina	15,7	7,9	24,7
C18:4 n-3, stearidonska kislina	0,2	0,0	0,4
C20:4 n-6, arahidonska kislina	0,2	0,0	0,6
C20:5 n-3, eikozapentaenojska kislina	0,9	0,0	1,7
C22:5 n-3, dokozaapentaenojska kislina	4,3	2,0	6,0
Vsote MK			
n-6 VNMK	268	-	-
n-3 VNMK	21,1	-	-
NMK	289	-	-
ENMK	317	-	-
VNMK	294	-	-
Razmerje n-6/n-3	12,7	-	-

Maščobe so pomemben vir energije ter nujno potrebne za normalno delovanje organizma. Njihova energijska vrednost je skoraj dvakrat večja kot pri beljakovinah in ogljikovih hidratih. Maščoba je nosilec v maščobi topnih vitaminov (A, D, E, K), okusa in arom. Prevelika količina zaužitih maščob pomeni preveč energije v prehrani, kar je glavni razlog za prekomerno telesno maso ter zvišano koncentracijo maščob v krvi, oba dejavnika pa sta povezana z boleznimi srca in ožilja (Referenčne vrednosti ..., 2004).

Najenostavnejša struktura lipidov so triacilgliceroli, imenovani tudi trigliceridi. Triacilgliceroli so sestavljeni iz maščobnih kislin, ki so estrsko vezane na glicerol. Večina triacilglicerolov je mešanih, to pomeni, da vsebujejo dve ali tri različne maščobne kisline (Nelson in Cox, 2000). Triacilgliceroli so poimenovani po maščobnih kislinah, ki jih vsebujejo. Te vplivajo na fizikalne lastnosti triacilglicerola. Tiste maščobe, ki vsebujejo večji delež kratkoverižnih maščobnih kislin in nenasičenih maščobnih kislin, imajo nižje tališče in visoko jedno število v primerjavi z nasičenimi dolgoverižnimi maščobnimi kislinami, ki imajo nizko jedno število. Iz tega vzroka so rastlinske maščobe pri sobni temperaturi tekoče, živalske maščobe pa trdne (McDonald in sod., 1995).

### 2.4.1 Maščobne kisline

Maščobne kisline so prehransko in količinsko najpomembnejša komponenta maščob. Sestavljene so iz alkilne verige ogljikovih in vodikovih atomov ter karboksilne skupine. Število C- atomov se giblje od 4 do 36. Glede na njihovo število v verigi delimo maščobne kisline na kratkoverižne, srednjeverižne in dolgoverižne (Lobb, 1992).

Bolj kot zgoraj omenjene delitve pa se poslužujemo funkcionalne delitve. Število vodikovih atomov, vezanih na ogljik, določa maščobni kislini njen funkcionalni status. Če imajo C- atomi popolno število vodikovih atomov, je veriga nasičena in ima ravno obliko. Če pa so vodikovi atomi odstranjeni iz strukture, pravimo, da je veriga nenasičena. Preostali atomi stabilizirajo verigo tako, da se ustvari dvojna vez. Nenasičene maščobne kisline imajo lahko različno število dvojnih vezi. Tako lahko ločimo enkrat nenasičene (ENMK) ter večkrat nenasičene (VNMK) maščobne kisline (Lichtenstein, 1995).

V prehranski preventivi (Benedich in Deckelbaum, 1997) v boju proti debelosti, bolezni srca in ožilja ter nekaterimi vrstami raka ima zlasti pomen zmanjšanje zauživanja skupnih maščobnih kislin. Še posebej je poudarek na zmanjšanju nasičenih maščobnih kislin ter povečanju esencialnih maščobnih kislin, še posebej maščobne kisline iz n-3 skupine (omega 3 maščobne kisline).

V preglednici 3 so prikazane nekatere pomembne maščobne kisline z njihovimi kemijskimi in trivialnimi imeni.

Preglednica 3: Pregled nekaterih pomembnih maščobnih kislin (IUPAC nom., 1984; Koman-Rajšp in Stibilj, 1998)

Okrajšava	Sistematsko ime	Trivialno ime v angleščini	Trivialno ime
C12:0	dodekanojska	lauric	lavrinska
C14:0	tetradekanojska	myristic	miristinska
C14:1 n-5	cis-9-tetradecenojska	myristoleic	miristooleinska
C15:0	pentadekanojska		
C16:0	heksadekanojska	palmitic	palmitinska
C16:1 n-7	cis-9-heksadecenojska/ trans-9-heksadecenojska	palmitoleic/ palmitelaidic	palmitoleinska/ palmitelaidinska
C17:0	heptadekanojska	margaric/daturic	
C17:0 iso	15-metilheksadekanojska	15-methylpalmitic	15-metilpalmitinska
C17:0 anteiso	14-metilheksadekanojska		
C17:1 n-7	cis-10-heptadecenojska		
C18:0	oktadekanojska	stearic	stearinska
C18:1 n-9	cis-9-oktadecenojska/ trans-9-oktadecenojska	oleic/ elaidic	oleinska/ elaidinska
C18:2 n-6	cis-9,12-oktadekadienojska trans-9,12-oktadekadienojska	linoleic/linolelaidic	linolna/ linolelaidinska
C18:3 n-6	cis-6,9,12-oktadekatrienojska	gamma linolenic (GLA)	
C19:1 n-9	cis-10-nonadecenojska		
C18:3 n-3	cis-9,12,15-oktadekatrienojska	alpha linolenic (ALA)	linolenska
CLA	cis-9,trans-11-oktadekadienojska	conjugated linoleic	konjugirana linolna
C18:4 n-3	cis-6,9,12,15-oktadekatetraenojska	stearidonic	stearidonska
C20:0	eikozainojska	arachidic	arahidinska
C20:1 n-12	cis-8-eikozaenojska		
C20:1 n-9	cis-11-eikozaenojska		
C20:2 n-6	cis-11,14-eikozadienojska		
C20:3 n-6	cis-8,11,14-eikozatrienojska	homo- $\gamma$ -linolenic (HGLA)	
C20:3 n-3	cis-11,14,17-eikozatrienojska		
C20:4 n-6	cis-5,8,11,14-eikozatetraenojska	arachidonic (AA)	arahidonska
C20:5 n-3	cis-5,8,11,14,17-eikozapentaenojska	eicosapentaenoic (EPA)	eikozapentaenojska
C22:0	dokozanojska	behenic	behenska
C22:1 n-9	cis-13-dokozaenojska/ trans-13-dokozaenojska	erucic/ brassicidic	eruka/ bracidinska
C22:2 n-6	cis-13,16-dokozadienojska		
C22:4 n-6	cis-7,10,13,16-dokozatetraenojska	adrenic	adrenska
C22:3 n-3	cis-13,16,19-dokozatrienojska		
C22:5 n-3	cis-7,10,13,16,19-dokozapentaenojska	docosapentaenoic (DPA)	dokozapentaenojska
C22:6 n-3	dokozaheksaenojska	docosahexaenoic (DHA)	dokozaheksaenojska

## **2.4.2 Nasičene maščobne kisline**

Nasičene maščobne kisline v svoji verigi ne vsebujejo dvojnih vezi. Veriga je bolj ravna in kompaktna. Maščobe, ki vsebujejo veliko nasičenih maščobnih kislin, so pri sobni temperaturi trdne. Glavni vir nasičenih maščobnih kislin so živalske maščobe, veliko pa jih vsebujejo tudi olja tropskih rastlin (McDonald in sod., 1995).

Te maščobne kisline večinoma pridobimo s hrano, lahko pa se v telesu tvorijo s pomočjo lipogeneze iz glukoze. Človeku in živalim niso esencialne (Referenčne vrednosti ..., 2004). Nasičene maščobne kisline vplivajo na tvorbo škodljivega LDL holesterola v plazmi, ki je vpleten v razvoj ateroskleroze. Aterogenost teh maščobnih kislin je odvisna predvsem od njihove dolžine. Največji vpliv imajo lavrinska (C12:0), miristinska (C14:0) in palmitinska (C16:0) kislina, medtem ko imajo krajše ali daljše maščobne kisline le malo ali pa sploh nič učinka na tvorbo plazemskega holesterola (Southgate, 1997).

## **2.4.3 Nenasičene maščobne kisline**

Nenasičene maščobne kisline imajo zgradbo podobno nasičenim, le da vzdolž svoje alkilne verige vsebujejo eno ali več dvojnih vezi (Lobb, 1992). Glede na število dvojnih vezi jih delimo na enkrat nenasičene ter dvakrat oziroma večkrat nenasičene. Te kisline pridobimo s hrano ali pa se v telesu sintetizirajo iz nasičenih maščobnih kislin. Omenjene kisline znižujejo nivo škodljivega LDL holesterola v plazmi, kar znižuje možnost nastanka ateroskleroze in s tem povezanih bolezni srca in ožilja (Wood in sod., 2007). Izjema pa so večkrat nenasičene maščobne kisline s cis konfiguracijo in določenimi pozicijami dvojnih vezi (Referenčne vrednosti ..., 2004). Nenasičene maščobne kisline so od vseh tudi najbolj oksidacijsko nestabilne (Allard in sod., 1997).

## **2.4.4 Cis in trans maščobne kisline**

Nenasičene maščobne kisline lahko najdemo v dveh različnih konfiguracijah. Če sta vodikova atoma ob dvojni vezi na isti strani, govorimo o cis konfiguraciji (Beare-Rogers in sod., 2001). V cis konfiguraciji je alkilna veriga zalomljena, kar onemogoča tesno prilagajanje maščobnim kislinam. To ima za posledico nižje tališče. Maščobe z veliko vsebnostjo nenasičenih maščobnih kislin v cis konfiguraciji so pri sobni temperaturi tekoče (Nelson in Cox, 2000). O trans konfiguraciji pa govorimo, ko sta vodikova atoma na

nasprotni strani dvojne vezi (Beare-Rogers in sod., 2001). Take maščobne kisline imajo bolj linearno verigo, so toge ter imajo višje tališče, maščobe z visoko vsebnostjo le teh pa so pri sobni temperaturi trdne (Nelson in Cox, 2000).

#### **2.4.5 Esencialne maščobne kisline**

Organizem za svoje delovanje večino maščobnih kislin sintetizira sam, ne more pa izgraditi dveh maščobnih kislin, ki jima ravno zaradi tega vzroka pravimo esencialni maščobni kislini. To sta linolna (C18:2 n-6) ter linolenska kislina (C18:3 n-3). Obe sta večkrat nenasičeni ter predstavljata osnovo za vse ostale n-6 in n-3 maščobne kisline. Ti dve kislini mora človek oziroma žival nujno pridobiti s hrano oziroma s krmo (Nelson in Cox, 2000).

#### **2.4.6 Priporočila za uživanje maščobnih kislin**

Svetovna zdravstvena organizacija (WHO, 2003) priporoča, da naj bi od skupne zaužite energije z maščobami zaužili med 15 in 30 % energije. NMK naj ne presegajo 10 % skupnega energijskega vnosa. Skupen vnos VNMK naj bo od 6 do 10 % zaužite energije, od tega naj n-6 VNMK predstavljajo 5 do 8 %, n-3 VNMK pa 1 do 2 %. Preostalo razliko naj bi pokrili z zauživanjem ENMK.

Pravilna oskrba organizma z zadostno količino in pravilnim razmerjem med esencialnimi n-3 ter n-6 VNMK je pomembna tekom celega življenja, tudi v času razvoja pred rojstvom (Salobir, 2001). Priporočeno razmerje med zaužitimi n-6 in n-3 VNMK je po priporočilih WHO (2003) med 5:1 in 8:1.

### **2.5 VPLIV PREHRANE ŽIVALI NA OKSIDACIJSKO STABILNOST ŽIVIL**

Najpomembnejši vpliv na oksidacijsko stabilnost in maščobnokislinsko sestavo ima prehrana živali, še posebej velja to za neprežvekovalce, ki absorbirajo maščobne kisline ter jih nespremenjene vgradijo v telesne maščobe (Gill in sod., 1995).

Dodajanje antioksidantov v krmo je potrebno ne samo za zaščito živali, ampak tudi za zaščito živalskih proizvodov pred oksidacijo ter ohranitev njihove prehranske vrednosti in okusnosti. Živalski proizvodi z povečano vsebnostjo antioksidantov so tudi dober vir le teh za porabnika (Frankič in Salobir, 2007).



Antioksidanti v krmi imajo še dodaten pomen in sicer, da zaščitijo krmo med skladiščenjem. Neprimerno konzerviranje in skladiščenje krmil lahko privede do uničenja ali zmanjšanja aktivnosti antioksidantov. Lahko nastanejo tudi produkti oksidacije krmil, ki so za živali toksični. Tako antioksidanti v krmi ščitijo maščobe pred kvarjenjem, lovijo hidroperoksidne radikale, ki se tvorijo v procesu oksidacije maščob in s tem preprečujejo nadaljnje verижne reakcije prostih radikalov (Frankič in Salobir, 2007).

Domače živali v intenzivni reji so pogosto izpostavljene oksidacijskemu stresu, ki je lahko različnega izvora. Eden od zelo pogostih je prehranski oksidacijski stres, ki je lahko povzročen zaradi prekomernega vnosa snovi, ki oksidirajo ali snovi, ki oksidacijski stres povzročajo. V obeh primerih je pomen dodatka antioksidantov v krmo velik (Frankič in Salobir, 2007).

V pogojih intenzivne reje živali je v krmo pogosto potrebno dodajati veliko maščob. Predvsem rastlinske maščobe vsebujejo veliko nenasičenih maščobnih kislin, ki so oksidacijsko nestabilne. Z večjim zauživanjem nenasičenih maščobnih kislin se zaradi nevarnosti peroksidacije povečajo tudi potrebe po njihovi zaščiti v organizmu, to je po zauživanju antioksidantov (Frankič in Salobir, 2007). V preglednici 4 so izračunane potrebe po vitaminu E glede na vsebnost nenasičenih maščobnih kislin v obroku (Muggli, 1994).

Preglednica 4: Povečanje potreb po vitaminu E zaradi zauživanja VNMK (mg vit.E/g VNMK) (Muggli, 1994)

Št. dvojnih vezi	Maščobna kislina	Oznaka	Potrebe po vit.E (mg*)
1	Oleinska kislina	18:1 n-9	0,13
2	Linolna kislina	18:2 n-6	0,89
3	$\gamma$ - linolenska kislina	18:3 n-6	1,34
3	$\alpha$ - linolenska kislina	18:3 n-3	1,34
4	Arahidonska kislina	20:4 n-6	1,79
5	Eikozapentaenojska kislina	20:5 n-3	2,24
6	Dokozaheksaenojska kislina	22:6 n-3	2,68

\*mg dl- $\alpha$ -tokoferil acetata na g nenasičene maščobne kisline

Drugi razlog za dodajanje maščob v krmo, predvsem večkrat nenasičenih maščob, je ustvarjanje živalskih proizvodov z večjo vsebnostjo n-3 maščobnih kislin. Povečanje vsebnosti n-3 maščobnih kislin v živalskih proizvodih je pomembno zaradi premajhnega zauživanja teh kislin, ki ga opažamo v razvitem svetu. Zaradi dodajanja maščob, bogatih z večkrat nenasičenimi maščobnimi kislinami, se poveča delež omenjenih maščobnih kislin ne le v subkutani in intramuskularni maščobi živali, ampak tudi v plazmi. S tem se poveča

občutljivost celotnega organizma za oksidacijo in potreba po antioksidantih (Frankič in Salobir, 2007).

Raziskava Levart in sod. (2004, cit. po Frankič in Salobir, 2007) je pokazala (neobjavljeni rezultati), da se s spremembo maščobnokislinske sestave (več VNMK) mesa in slanine pri prašičih, ki jo dosežemo z dodatki ogrščičnega ali lanenega semena, poveča tudi občutljivost tkiv za lipidno peroksidacijo. Meso in slanina prašičev krmljenih z lanenim semenom od 35 kg telesne mase naprej sta bolj podvrženi lipidni peroksidaciji VNMK, kar poveča nastajanje toksičnih sekundarnih produktov, kot na primer MDA (preglednica 4). Podoben trend je tudi ob dodajanju ogrščice, kjer pa je zaradi manjše vsebnosti n-3 VNMK v ogrščičnem semenu, v primerjavi z lanenim semenom, razlika očitna le pri slanini. Slanina je skladišče maščob, zato se tudi spremembe maščobnokislinske sestave krme hitro odrazijo na njeni sestavi.

Preglednica 5: Vsebnost MDA v hrbtni mišici in hrbtni slanini (mg/kg) prašičev krmljenih z dodatkom semena lana in ogrščice (Frankič in Salobir, 2007)

	Kontrolna skupina	Laneno seme		Ogrščično seme	
		Od 90 kg	Od 30 kg	Od 90 kg	Od 30 kg
Hrbtna mišica	0,081	0,083	0,099	0,079	0,070
Vratna slanina	0,113	0,184	0,296	0,219	0,310

Za zaščito kakovostnih živil živalskega izvora lahko dodajamo nekatere sintetične ali naravne oksidante k samim končnim proizvodom. Pri svežih proizvodih, kot je na primer meso, kjer lipidna peroksidacija predstavlja enega od najpomembnejših vzrokov za slabšanje kakovosti med skladiščenjem, pa lahko dosežemo boljše oksidacijsko stabilnost le s krmljenjem živali s krmo obogateno s primerno količino antioksidantov (Frankič in Salobir, 2007). Antioksidanti namreč preprečijo nastanek aldehydov, ki so odgovorni za razvoj žarkega okusa. Ob nezadostni prisotnosti antioksidantov se ne oksidirajo samo maščobe, ampak tudi beljakovine, kar vodi k slabši topnosti beljakovin in zmanjšanju prehranske vrednosti mesa (Fasseas in sod., 2007)

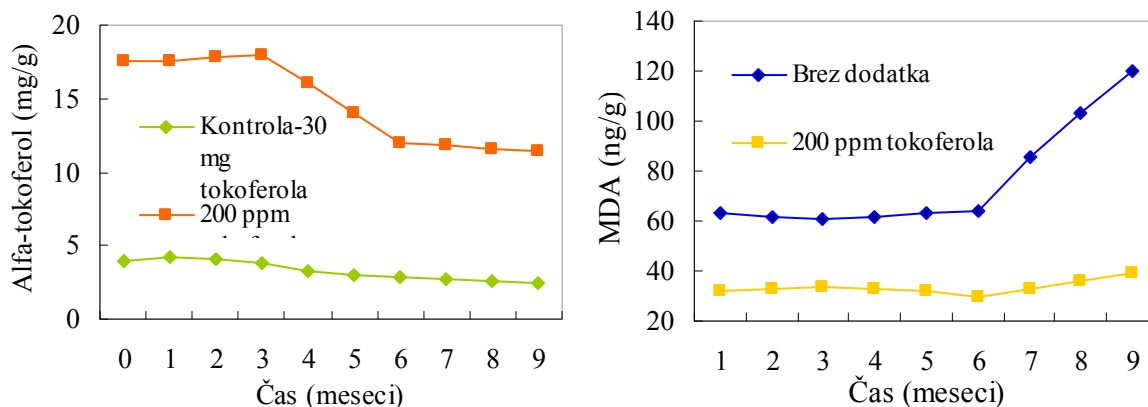
Flachowsky in sod. (2000) so na podlagi petih poskusov na prašičih ugotovili, da z dodajanjem vitamina E preko celega pitanja ali le v zadnjih dneh pred klanjem lahko povečamo količino vitamina E v svinjini (preglednica 6). Prenos vitamina E iz krme v tkiva je okoli 1 %, kar je precej več kot pri govedu (0,2 %), vendar manj kot pri pitovnih piščancih (2 %) in pri jajcih (25 %). Tako povečanje vsebnosti vitamina E v mesu je pomembno za prehrano ljudi, ima pa tudi velik pomen za izboljšanje kakovosti mesa z vidika stabilnosti

(oksidacijska stabilnost) ter izboljšanja proizvodnosti, zdravstvenega stanja in antioksidativnega statusa živali (Frankič in Salobir, 2007).

Preglednica 6: Vpliv zauživanja vitamina E na vsebnost vitamina E v nekaterih tkivih in na uspešnost prenosa iz krme v tkiva (Flachowsky in sod., 2000)

Dodatek vitamina E	Mišice (mg/kg)	Hrbtna slanina (mg/kg)	Prenos iz krme v tkiva (%)	
			Svinjina	Svinjina s slanino
20 mg/kg – vse pitanje	3	9	-	-
100 mg/kg – vse pitanje	205	210	0,6	1,2
200 mg/kg – vse pitanje	230	265	0,4	0,8
7 dni pred klanjem po 1 g/dan*	100	100	0,0	0,2
14 dni pred klanjem po 1 g/dan*	180	150	0,7	1,1
21 dni pred klanjem po 1 g/dan*	180	210	0,5	1,1

Podobno vlogo kot vitamin E imajo tudi nekatera eterična olja, ki so bogata z antioksidanti. Botsoglou in sod. (2003) poročajo o dobrem učinkovanju dodatka vitamina E in origanovega olja. Dodajanje origana v krmo za piščance je za štirikrat povečalo koncentracijo vitamina E v tkivih in s tem tudi povečalo antioksidativno kapaciteto tkiv, kar se kaže kot manjša lipidna peroksidacija in pomeni boljšo stabilnost mesa med zamrzovanjem (Slika 2).



Slika 2: Vpliv dodatka vitamina E in olja origana na koncentracijo vit. E in MDA v bedrni mišici piščancev med skladiščenjem v zmrznjenem stanju (Botsoglou in sod., 2003)

### 3 MATERIAL IN METODE

#### 3.1 MATERIAL

V poskusnem hlevu Katedre za prehrano na Rodici je bil opravljen prehranski poskus s pitovnimi piščanci provenience ROSS 308. Vključenih je bilo 50 živali moškega spola. Živali so bile naseljene v individualne kletke, kjer so imele stalen dostop do krme in vode. V poskusnem obdobju so bile krmljene po skupinah in sicer so bile živali razdeljene v 5 skupin (10 živali na skupino):

- Negativna kontrola (NK17)
- Pozitivna kontrola (PK17)
- Vitamin E-RRR (RRR85)
- Vitamin E-DL85 (DL85)
- Vitamin E-DL200 (DL200)

V preglednici 7 je prikazano kakšno krmno mešanico ter kolikšen dodatek vitamina E je prejela posamezna skupina. Skupina NK17 je v krmni mešanici prejela palmovo mast, ostale skupine (PK17, RRR85, DL85 ter DL200) pa laneno olje.

Skupina RRR85 je v krmni mešanici dobivala dodatek naravne oblike vitamina E (D- $\alpha$ -tokoferol), skupini DL85 in DL200 pa dodatek sintetične oblike vitamina E (DL- $\alpha$ -tokoferol). Količina naravnega in sintetičnega vitamina E, dodanega v krmo je razvidna v preglednici 7.

Preglednica 7: Sestava in vsebnost hranil v krmnih mešanicah

	Skupine				
	NK17	PK17	RRR85	DL85	DL200
Sestava krmnih mešanic:					
Pšenica (g/kg)	613,2	613,2	613,2	613,2	613,2
Sojine tropine (g/kg)	272	272	272	272	272
Palmova mast (g/kg)	75	-	-	-	-
Laneno olje (g/kg)	-	75	75	75	75
Sol (g/kg)	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Apnenec-FIN+GROB (g/kg)	13	13	13	13	13
MCaP (g/kg)	14	14	14	14	14
L-lizin 78,8% (g/kg)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
DL-metionin 98 % (g/kg)	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Treonin 98% (g/kg)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Premiks* (g/kg)	5	5	5	5	5
DL- $\alpha$ -tokoferil acetat	2	10	10	78	200
D- $\alpha$ -tokoferol			46		
Kokcidiostatik (g/kg)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Vsebnost hranil:					
Vitamin E (IE/kg)**	17	17	85	85	207
Suha snov (g/kg)	896,57	898,09	897,35	898,02	898,20
Surove beljakovine (g/kg)	185,53	165,00	192,56	194,21	193,04
Surove maščobe (g/kg)	93,58	94,05	88,58	87,42	90,70
Surova vlaknina (g/kg)	37,08	35,60	40,51	41,21	38,92
Brezdušični izvleček (g/kg)	524,36	550,96	519,66	516,84	518,92
Surovi pepel (g/kg)	56,03	52,48	56,04	58,34	56,61

\* Premiks po normativih za ROSS 308, vendar brez dodatka vitamina E, ki je dodan posebej (Ross 308..., 2007).

\*\* izračunana vrednost; 1 IE vitamina E = 1 mg DL- $\alpha$ -tokoferil acetata = 0,671 mg DL- $\alpha$ -tokoferola; vsebnost vitamina E v krmilih krmnih mešanic brez dodatka: 15 IE/kg v krmni mešanici NK17 ter 7 IE/kg v krmnih mešanicah PK17, RRR85, DL85 in DL200.

V preglednici 8 je razvidna tudi maščobnokislinska sestava dveh glavnih sestavin krme ter maščobnokislinska sestava palmove masti ter lanenega olja. Maščobne kisline so podane v masnih deležih (g posamezne MK/100 g maščob).

Preglednica 8: Maščobnokislinska sestava (g MK/100 g maščob) pšenice, sojinih tropin, lanenega olja ter palmove masti

Maščobna kislina		Pšenica	Sojine tropine	Palmova mast	Laneno olje
C14:0	Miristinska kislina	0,07	0,10	1,07	0,04
C16:0	Palmitinska kislina	15,46	11,00	42,96	5,55
C18:0	Stearinska kislina	0,71	4,00	54,35	4,53
C18:1 n-9	Oleinska kislina	9,62	23,40	0,42	17,78
C18:2 n-6	Linolna kislina	41,64	53,00	0,02	15,52
C18:3 n-3	Linolenska kislina	2,79	7,80	-	55,55

Po zakolu živali smo piščancem odvzeli prsne mišice, ki so predstavljale vzorce za nadaljnje kemijske analize.

## 3.2 METODE DELA

### 3.2.1 Priprava vzorcev

Vzorci smo pripravili iz piščančjih prsi brez kože, in sicer smo naredili dva tipa vzorcev. Prvi so nam predstavljali sveže meso, drugi pa kuhano meso. Za prvi tip vzorcev (sveži vzorci) smo piščančje prsi takoj po zakolu živali narezali ter homogenizirali v tekočem dušiku z laboratorijskim homogenizatorjem Grindomix. Vsebnost MDA smo določili takoj po homogenizaciji.

Drugi tip vzorca (kuhani vzorci) smo najprej 1 uro kuhali pri 85 °C ter kuhano meso shranili v hladilnik pri 4 °C za 6 dni. Po 6. dneh smo kuhano meso homogenizirali v tekočem dušiku z laboratorijskim homogenizatorjem Grindomix ter določili vsebnost MDA.

Vzorci za maščobnokislinsko sestavo smo do analiz shranili v zamrzovalnik na -70 °C.

Vseh vzorcev je bilo 100 (50 svežih ter 50 kuhanih).

### 3.2.2 Določanje maščobnokislinske sestave

Maščobnokislinsko sestavo svežih in kuhanih vzorcev piščančjega mesa smo določali s plinsko kromatografijo. Pri tej tehniki moramo predhodno pripraviti metilne estre maščobnih kislin. Estrenje maščobnih kislin smo izvedli po postopku, ki sta ga razvila Park in Goins (1994), brez predhodne ekstrakcije maščob iz vzorca. Vse vzorce smo analizirali v dveh ponovitvah.

### 3.2.2.1 Priprava metilnih estrov maščobnih kislin

V epruvete z zamaškom smo zatehtali 0,5 g homogeniziranega vzorca. Nato smo dodali 300 µl metilen klorida ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) in 3 ml 0,5 M natrijevega hidroksida v metanolu. Epruvete smo prepihali z  $\text{N}_2$ , da ne bi prišlo do peroksidacije VNМК s kisikom iz zraka. Epruvete smo s pokrovčkom zaprli in vsebino dobro premešali.

Epruvete z vzorci smo nato segrevali v termičnem bloku 10 minut pri 90 °C. Po segrevanju smo vzorce v epruветah ohladili. Ohlajenemu vzorcu smo dodali 3 ml 14%  $\text{BF}_3$  v metanolu. Epruvete smo ponovno prepihali z  $\text{N}_2$ , segrevali v termičnem bloku 10 minut pri 90 °C in shladili. Nato smo v epruvete dodali 3 ml deionizirane vode in 1,5 ml heksana. Epruvete smo močno stresali 1 minuto, da so se metilni estri maščobnih kislin ekstrahirali iz vodne v nepolarno fazo.

Vzorci smo centrifugirali 10 minut pri 2000 obratih na minuto (s tem ločimo heksansko fazo od vodne faze). Po končanem centrifugiranju smo s Pasteurjevo pipeto prenesli heksansko fazo (zgornjo plast) v majhne posodice iz zatemnjenega stekla. Stekleničke s heksanskimi ekstrakti smo prepihali z  $\text{N}_2$  ter jih do ločbe s plinsko kromatografijo shranili v zamrzovalniku pri -20 °C.

### 3.2.2.2 Plinska kromatografija

Za ločbo metilnih estrov maščobnih kislin smo uporabili plinsko kromatografijo in sicer z uporabo plinskega kromatografa Agilent 6890. Ta je opremljen z FID detektorjem, avtomatskim injektorjem ter podajalnikom vzorcev. Vsebuje kapilarno kolono za ločevanje metilnih estrov maščobnih kislin tipa Omegawax 320. Dolžina kolone znaša 30 m, notranji premer je 0,32 mm, debelina filma stacionarne faze pa je 0,25 µm.

*Kromatografski pogoji ločbe in detekcije:*

TEMPERATURA INJEKTORJA: 250 °C

TEMPERATURNI PROGRAM:

začetna temperatura : 185 °C

začetni zadrževalni čas: 0 min

hitrost dviganja temperature: 1 °C/min

končna temperatura: 215 °C

končni zadrževalni čas: 9 min

TEMPERATURA DETEKTORJA : 250 °C

### PRETOK PLINOV

Helij (nosilni plin): 2,0 ml/min  
Dušik (make-up plin): 25 ml/min  
Vodik (gorilni plin): 40 ml/min  
Sintetični zrak: 450 ml/min

volumen injiciranja vzorca: 1  $\mu$ l  
način injiciranja vzorca: split  
split razmerje: 20 : 1  
ČAS ANALIZE : 45 min

---

Rezultat ločbe metilnih estrov maščobnih kislin je kromatogram. Posamezne metilne estre maščobnih kislin identificiramo na osnovi primerjave retencijskih časov (čas zadrževanja v kolonah) v vzorcu z retencijskimi časi kromatografskih vrhov v standardnih raztopinah posameznih metilnih estrov. Če uporabimo enake kromatografske pogoje pri analizi standardnih raztopin in vzorcev, se pri enakem retencijskem času eluirajo identični estri. Masne deleže posameznih maščobnih kislin smo izračunali s pomočjo uporabe ustreznih faktorjev odzivnosti ( $R_f$  = response factors), ki smo jih določili na osnovi kvantitativne mešanice standardov (Nucheck 85).

#### 3.2.2.3 Priprava in derivatiziranje vzorcev za določevanje malondialdehida (MDA)

Meso piščancev smo homogenizirali v homogenizatorju Grindomix. V eppendorfovo vialo smo zatehtali približno 0,3 g homogeniziranega vzorca. V eppendorfovo vialo k vzorcu smo dodali 1,5 ml 2,5 % trikloroacetne kisline. Zmes smo dobro premešali na vortex mešalu, da so delci razpadli. Po 10 minutah smo ponovno dobro premešali in vzorce centrifugirali 15 minut na 15000 obratov na minuto.

V čisto epruveto z navojem in pokrovčkom smo odpipetirali 1 ml supernatanta ter dodali 1,5 ml 0,6 % tiobarbiturne kisline. Nato smo vzorce derivatizirali 60 minut pri 90 °C. Po končanem derivatiziranju smo vzorce ohladili v vodni kopeli z ledom. Ohlajene vzorce smo prefiltrirali skozi 0.5  $\mu$ m filtre na brizgi v vialo za avtomatski vzorčevalnik.

Za ločbo smo uporabili tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti (HPLC-Waters Alliance). Mobilna faza je bila sestavljena iz dveh topil, metanola in 50 mM  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  pufra (pH=6,9), v razmerju  $\text{MeOH} : \text{KH}_2\text{PO}_4 = 35 : 65$ . Derivat smo detektirali z dvema detektorjema Waters 474 Scaninnng Fluorescence detector ( $\lambda_{\text{vzb}}=515$  nm,  $\lambda_{\text{em}}=532$  nm),



Waters 2487 Dual  $\lambda$  Absorbance detektor ( $\lambda=532$  nm). Pretok mobilne faze je bil 1 ml/min, čas analize enega vzorca pa 6 min.

Kromatograme smo iz vrednotili s pomočjo programske opreme proizvajalca Millennium. Aparat smo umerili z eksternimi standardi v koncentracijskem območju od 0,068 do 0,851 nmol/ml.

### 3.3 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Podatke, ki smo jih dobili v poskusu, smo uredili s programom Microsoft Excel. Tako pripravljene podatke smo statistično obdelali s pomočjo programskega paketa SAS/STAT (SAS Inst. Inc., 2001). S proceduro za splošne linearne modele (GLM) smo po metodi najmanjših kvadratov razvili dva statistična modela. V prvi statistični model smo vključili sistematski vpliv skupine, v drugi sistematični model pa smo vključili sistematska vpliva skupine in priprave vzorcev ter njuno interakcijo.

Razlike med skupinami smo ocenili s pomočjo linearnih kontrastov. Rezultate smo namesto s srednjimi vrednostmi podali z ocenjenimi srednjimi vrednostmi (LSM)  $\pm$  standardnimi napakami LSM (SN-LSM).

*Statistični model 1:*

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

$y_{ij}$  = opazovana lastnost

$\mu$  = srednja vrednost modela

$S_i$  = vpliv skupine,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$

$e_{ij}$  = ostanek

*Statistični model 2:*

$$y_{ijk} = \mu + S_i + P_j + SP_{ij} + e_{ijk}$$

$y_{ijk}$  = opazovana lastnost

$\mu$  = srednja vrednost modela

$S_i$  = vpliv skupine,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$

$P_j$  = vpliv priprave vzorcev,  $j = 1, 2$

$SP_{ij}$  = vpliv interakcije med skupino in pripravo

$e_{ijk}$  = ostanek

V našem modelu predstavljajo opazovano lastnost 15 posameznih maščobnih kislin ter posamezne vsote maščobnih kislin, ki smo jih statistično obdelali v vzorcih. Opazovano lastnost predstavlja tudi produkt lipidne peroksidacije MDA.

## 4 REZULTATI IN RAZPRAVA

V poskusu smo določali maščobnokislinsko sestavo stotim vzorcem piščančjega mesa. Od tega je bilo 50 vzorcev svežega mesa ter 50 vzorcev kuhanega mesa (85 °C, 60 minut), ki smo ga 6 dni hranili v hladilniku pri 4 °C. V vzorcih smo statistično obdelali 15 posameznih maščobnih kislin ter vsote maščobnih kislin, n-3 VNMK, n-6 VNMK, nasičene MK (NMK), enkrat nenasičene MK (ENMK) ter večkrat nenasičene MK (VNMK). Ker je v prehrani ljudi pomembno tudi razmerje med n-6 VNMK ter n-3 VNMK, smo izračunali tudi to razmerje. Določili smo tudi vsebnost malondialdehida (MDA) v svežem in kuhanem mesu, ki je eden glavnih produktov lipidne peroksidacije. Tako smo njegovo vsebnost uporabili kot indikator obsega lipidne peroksidacije.

### 4.1 PRIMERJAVA MAŠČOBNOKISLINSKE SESTAVE SVEŽIH IN KUHANIH VZORCEV MESA (IZRAŽENO KOT MASNI DELEŽ)

V preglednici 9 so prikazane vsebnosti posameznih MK in vsote MK v vzorcih svežega mesa po skupinah. Rezultati so podani v masnih deležih (%).

V maščobah skupine NK17 je bilo največ  $\Sigma$ C18:1 (29,39 %) ter palmitinske kisline (22,87 %), najmanj pa stearidonske kisline z 0,02 % (preglednica 9). V omenjeni skupini (NK17) je bilo 3,34 % n-3 VNMK ter 21,97 % n-6 VNMK. NMK je bilo 40,61 %, ENMK 34,04 %, VNMK pa 25,35 %. Ta skupina se je od vseh ostalih skupin (PK17, RRR85, DL85 in DL200) najbolj razlikovala. Od vseh skupin ima najmanjši delež n-3 VNMK ter največji delež n-6 VNMK. Prav tako ima največji delež NMK ter največji delež ENMK. V primerjavi z ostalimi skupinami ima tudi najnižji delež VNMK.

To lahko pojasnimo s tem, da je dobila skupina NK17 drugačo krmo od vseh ostalih skupin. V krmo je bila dodana palmova mast, medtem ko so vse ostale skupine v krmi dobivale laneno olje. Palmova mast vsebuje več NMK ter ENMK, manj pa VNMK v primerjavi z lanenim oljem (glej preglednico 8). Posledično so tako ostale skupine (PK17, RRR85, DL85 in DL200), ki so prejemale laneno olje, v prsni mišici vsebovale manjši delež NMK in ENMK ter večji delež VNMK.

Preglednica 9: Vsebnosti posameznih MK in vsote MK (masni delež, %) v vzorcih svežega mesa po skupinah

MK	Skupina					SN (%)	P	R <sup>2</sup>
	NK17	PK17	RRR85	DL85	DL200			
C16:0	22,87 <sup>a</sup>	15,92 <sup>b</sup>	15,70 <sup>b</sup>	15,98 <sup>b</sup>	15,66 <sup>b</sup>	0,333	<0,0001	0,90
C16:1 n-7	3,97 <sup>a</sup>	2,06 <sup>b</sup>	2,02 <sup>b</sup>	1,84 <sup>b</sup>	1,99 <sup>b</sup>	0,159	<0,0001	0,76
C18:0	12,51 <sup>a</sup>	8,02 <sup>b</sup>	7,88 <sup>b</sup>	8,44 <sup>b</sup>	7,89 <sup>b</sup>	0,254	<0,0001	0,87
∑C18:1	29,39 <sup>a</sup>	23,64 <sup>b</sup>	24,20 <sup>b</sup>	23,13 <sup>b</sup>	24,88 <sup>b</sup>	0,505	<0,0001	0,71
C18:2 n-6	14,26 <sup>a</sup>	16,68 <sup>b</sup>	16,71 <sup>b</sup>	17,02 <sup>b</sup>	16,80 <sup>b</sup>	0,224	<0,0001	0,72
C18:3 n-3	1,07 <sup>a</sup>	21,91 <sup>b</sup>	21,19 <sup>b</sup>	20,20 <sup>b</sup>	21,57 <sup>b</sup>	0,648	<0,0001	0,95
C18:4 n-3	0,02 <sup>a</sup>	0,15 <sup>b</sup>	0,16 <sup>b</sup>	0,17 <sup>b</sup>	0,17 <sup>b</sup>	0,008	<0,0001	0,87
C20:2 n-6	0,44 <sup>a</sup>	0,28 <sup>b</sup>	0,28 <sup>b</sup>	0,30 <sup>b</sup>	0,28 <sup>b</sup>	0,020	<0,0001	0,55
C20:3 n-3	0,06 <sup>a</sup>	0,62 <sup>b</sup>	0,56 <sup>b</sup>	0,62 <sup>b</sup>	0,56 <sup>b</sup>	0,032	<0,0001	0,85
C20:3 n-6	1,07 <sup>a</sup>	0,46 <sup>b</sup>	0,46 <sup>b</sup>	0,54 <sup>b</sup>	0,45 <sup>b</sup>	0,049	<0,0001	0,75
C20:4 n-6	4,99 <sup>a</sup>	1,88 <sup>b</sup>	2,07 <sup>b</sup>	2,21 <sup>b</sup>	1,63 <sup>b</sup>	0,240	<0,0001	0,79
C20:5 n-3	0,41 <sup>a</sup>	1,41 <sup>b</sup>	1,41 <sup>b</sup>	1,69 <sup>c</sup>	1,23 <sup>b</sup>	0,085	<0,0001	0,79
C22:4 n-6	1,11 <sup>a</sup>	0,22 <sup>b</sup>	0,24 <sup>b</sup>	0,25 <sup>b</sup>	0,21 <sup>b</sup>	0,047	<0,0001	0,88
C22:5 n-3	0,86 <sup>a</sup>	2,16 <sup>b</sup>	2,39 <sup>c</sup>	2,53 <sup>c</sup>	1,96 <sup>b</sup>	0,143	<0,0001	0,72
C22:6 n-3	0,91 <sup>a</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,89 <sup>a</sup>	0,92 <sup>a</sup>	0,74 <sup>ab</sup>	0,067	0,040	0,20
<b>Vsote MK</b>								
n-3 VNMK	3,34 <sup>a</sup>	26,97 <sup>b</sup>	26,61 <sup>b</sup>	26,17 <sup>b</sup>	26,56 <sup>b</sup>	0,452	<0,0001	0,98
n-6 VNMK	21,97 <sup>a</sup>	19,56 <sup>b</sup>	19,76 <sup>b</sup>	20,37 <sup>b</sup>	19,52 <sup>b</sup>	0,442	0,001	0,35
NMK	40,61 <sup>a</sup>	27,34 <sup>b</sup>	26,95 <sup>b</sup>	28,06 <sup>b</sup>	26,65 <sup>b</sup>	0,533	<0,0001	0,93
ENMK	34,04 <sup>a</sup>	26,09 <sup>bc</sup>	26,59 <sup>bc</sup>	25,36 <sup>b</sup>	27,25 <sup>c</sup>	0,643	<0,0001	0,75
VNMK	25,35 <sup>a</sup>	46,57 <sup>b</sup>	46,46 <sup>b</sup>	46,58 <sup>b</sup>	46,10 <sup>b</sup>	0,632	<0,0001	0,96
<b>Razmerje</b>								
n-6/n-3	6,71 <sup>a</sup>	0,73 <sup>b</sup>	0,75 <sup>b</sup>	0,78 <sup>b</sup>	0,74 <sup>b</sup>	0,114	<0,0001	0,98

MK - maščobna kislina

SN - standardna napaka (+/-)

P - p-vrednost (<0,05 pomeni, da je opazovana lastnost statistično značilna)

R<sup>2</sup> - delež pojasnjene variance

NK17, PK17, RRR85, DL85, DL200 – v poskus vključene skupine piščancev

<sup>a, b, c, d</sup> – vrednosti v vrsticah označenih z različnimi črkami se statistično razlikujejo (P<0,05)

Vse skupine so imele največji delež ∑C18:1 (od 23,13 % pri skupini DL85 do 29,39 pri skupini NK17) ter najmanjši delež stearidonske kisline (preglednica 9). Posamezne MK in vsote MK so se med skupinami statistično razlikovale (P<0,05).

V deležih posameznih MK in vsotah MK pri skupinah PK17, RRR85, DL85 in DL200, ki so s krmo prejemale laneno olje, ni bistvenih razlik. Skupina DL85 ima največji delež NMK (28,06 %), najmanjši delež NMK pa ima skupina DL200 (26,65 %). Ravno obratno je pri ENMK. Skupina DL200 je imela največji delež ENMK (27,25 %), skupina DL85 pa najmanjši delež ENMK (25,36 %). Vse štiri skupine so imele približno enak delež VNMK (od 46,10 % do 46,58 %).

Največji delež pojasnjene variance ( $>0,9$ ) smo izmerili pri palmitinski kislini, linolenski kislini ter pri skupinah maščobnih kislin n-3 VNMK, NMK in VNMK. Tudi pri razmerju n-6/n-3 smo dosegli visok delež pojasnjene variance (0,98). Najmanjši delež pojasnjene variance je bil pri dokozaheksaenojski kislini (0,20).

V preglednici 9 je predstavljeno tudi razmerje med n-6 in n-3 VNMK. To razmerje je pri skupini NK17 znašalo 6,71, pri skupinah z dodatkom lanenega olja pa je razmerje precej ožje in med temi skupinami ni bistvenih razlik. Razmerje se giblje od 0,73 pri skupini PK17 do 0,78 pri skupini DL85. Zelo podobno je tudi razmerje linolna/linolenska kislina (C18:2 n-6/C18:3 n-3), saj obe MK pri vseh petih skupinah predstavljata večinski del n-6 oziroma n-3 VNMK. Priporočeno razmerje med zaužitimi n-6 in n-3 VNMK je po priporočilih WHO (2003) med 5:1 in 8:1. V prehrani modernega človeka pa je običajno to razmerje porušeno in pre pogosto širše od 10. To pa predvsem zaradi prevelikega vnosa n-6 VNMK ter premajhnega vnosa n-3 VNMK (Gordon in Bey, 2005). Iz tega vidika imajo skupine PK17, RRR85, DL85 ter DL200 ugodno razmerje med n-6 in n-3 VNMK, tako da ima to meso lastnost funkcionalnega živila. Meso teh skupin vsebuje ob tem še manjši delež manj zaželenih NMK.

Povečan vnos VNMK s krmo, v našem primeru gre za laneno olje (glej preglednico 8), poveča delež VNMK v prsni mišici ter zmanjša delež NMK in ENMK (glej preglednici 9 in 11). Do takih ugotovitev so prišli tudi pri poskusih, ki so jih izvedli Cortinas in sod. (2005), Lin in sod. (1989), Ajuyah in sod. (1993b) ter López-Ferrer in sod. (2001), kjer so ugotovili, da povečan vnos VNMK v krmi poveča vsebnost VNMK v svežem in kuhanem mesu piščančjih prsi ter stegen.

Literaturni podatki za maščobnokislinsko sestavo svežega piščančjega mesa, ki jih navajajo Cantor in sod. (2007) so primerljivi s skupino NK17 v našem poskusu, niso pa primerljivi z ostalimi štirimi skupinami. Navajajo, da je povprečna maščobnokislinska sestava za sveže meso 36,6 % NMK, 32,6 % ENMK ter 30,8 % VNMK (preglednica 10). Maščobe skupine NK17 vsebujejo 40,61 % NMK, 34,04 % ENMK ter 25,35 % VNMK. Ostale skupine v našem poskusu imajo nižji delež NMK in ENMK ter višji delež VNMK (preglednica 9).

Preglednica 10: Vsote MK (masni delež, %) v vzorcih svežega ter kuhanega piščančjega mesa (Cantor in sod., 2007)

Vsote MK	Sveže meso (%)	Kuhano meso (%)
NMK	36,6	33,5
ENMK	32,6	40,5
VNMK	30,8	26,0

V preglednici 11 so prikazane vsebnosti posameznih MK in vsote MK v vzorcih kuhanega mesa po skupinah. Rezultati so podani v masnih deležih (%).

Od vseh petih skupin najbolj odstopa skupina NK17. Ta skupina vsebuje največ  $\Sigma$ C18:1 (29,05 %) ter palmitinske kisline (22,77 %), najmanj pa stearidonske kisline (0,02 %). Pri ostalih skupinah ravno tako prevladuje  $\Sigma$ C18:1 (od 22,85 % pri skupini DL85 do 24,42 % pri skupini DL200), najmanj pa je stearidonske kisline. Naslednja najbolj zastopana MK v teh štirih skupinah je linolenska kislina (giblje se od 17,96 % pri skupini DL85 do 20,12 % pri skupini DL200). Pri linolenski kislini je med skupinami tudi največja razlika. Pri skupini NK17 znaša njen delež v kuhanem mesu le 1,19 %. Najmanj razlik v posameznih MK med vsemi skupinami je pri dokozaheksaenojski kislini (DHA). Ta MK je tudi edina pri kateri ni statistično značilnih razlik med skupinami ( $P=0,262$ ).

Kuhano meso iz skupine NK17 vsebuje 40,85 % NMK, 33,61 % ENMK ter 25,54 % VNMK (preglednica 11). Pri ostalih skupinah (PK17, RRR85, DL85, DL200) med vsotami MK ni bistvenih razlik. Vsebnost NMK se pri teh skupinah giblje od 27,87 % pri skupini DL200 do 29,91 % pri skupini DL85, delež ENMK pa se giblje od 25,17 % pri skupini DL85 do 27,10 % pri skupini DL200. Največ VNMK (pri vseh skupinah) je pri skupini DL200 (45,39 %). To bi lahko pojasnili s tem, da je skupina DL200 prejela v svoji krmi največjo količino vitamina E (glej preglednica 7) v primerjavi z ostalimi skupinami, kar bi lahko zmanjšalo peroksidacijo VNMK, vendar so razlike majhne. Skupina PK17, ki v svoji krmi ni prejela vitamina E, ima ravno tako visoko vsebnost VNMK (44,68 %). Skupina RRR85 vsebuje 45,12 % VNMK, skupina DL85 pa 44,91 % VNMK. Rezultati kažejo, da dodatek vitamina E nima vpliva na maščobnokislinsko sestavo ter na delež VNMK pri skupinah, ki so prejemale laneno olje.

Preglednica 11: Vsebnosti posameznih MK in vsote MK (masni delež, %) v vzorcih kuhanega mesa po skupinah

MK	Skupina					SN (%)	P	R <sup>2</sup>
	NK17	PK17	RRR85	DL85	DL200			
C16:0	22,77 <sup>a</sup>	16,57 <sup>b</sup>	16,16 <sup>b</sup>	16,66 <sup>b</sup>	15,89 <sup>b</sup>	0,290	<0,0001	0,90
C16:1 n-7	3,71 <sup>a</sup>	1,83 <sup>b</sup>	1,91 <sup>b</sup>	1,78 <sup>b</sup>	1,83 <sup>b</sup>	0,151	<0,0001	0,73
C18:0	12,84 <sup>a</sup>	9,17 <sup>bc</sup>	8,68 <sup>bc</sup>	9,28 <sup>b</sup>	8,53 <sup>c</sup>	0,262	<0,0001	0,81
ΣC18:1	29,05 <sup>a</sup>	23,31 <sup>bc</sup>	23,97 <sup>bc</sup>	22,85 <sup>b</sup>	24,42 <sup>c</sup>	0,456	<0,0001	0,73
C18:2 n-6	13,98 <sup>a</sup>	16,21 <sup>b</sup>	16,25 <sup>b</sup>	16,58 <sup>b</sup>	16,44 <sup>b</sup>	0,210	<0,0001	0,70
C18:3 n-3	1,19 <sup>a</sup>	19,23 <sup>bc</sup>	19,26 <sup>bc</sup>	17,96 <sup>b</sup>	20,12 <sup>c</sup>	0,755	<0,0001	0,91
C18:4 n-3	0,02 <sup>a</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,15 <sup>b</sup>	0,16 <sup>b</sup>	0,16 <sup>b</sup>	0,009	<0,0001	0,79
C20:2 n-6	0,47 <sup>a</sup>	0,33 <sup>b</sup>	0,32 <sup>b</sup>	0,35 <sup>b</sup>	0,32 <sup>b</sup>	0,021	<0,0001	0,45
C20:3 n-3	0,07 <sup>a</sup>	0,71 <sup>bc</sup>	0,62 <sup>b</sup>	0,72 <sup>c</sup>	0,63 <sup>bc</sup>	0,037	<0,0001	0,83
C20:3 n-6	1,15 <sup>a</sup>	0,55 <sup>b</sup>	0,51 <sup>b</sup>	0,60 <sup>b</sup>	0,53 <sup>b</sup>	0,050	<0,0001	0,72
C20:4 n-6	4,80 <sup>a</sup>	2,22 <sup>b</sup>	2,34 <sup>b</sup>	2,46 <sup>b</sup>	2,03 <sup>b</sup>	0,170	<0,0001	0,79
C20:5 n-3	0,42 <sup>a</sup>	1,61 <sup>bc</sup>	1,55 <sup>b</sup>	1,84 <sup>c</sup>	1,49 <sup>b</sup>	0,098	<0,0001	0,74
C22:4 n-6	1,16 <sup>a</sup>	0,27 <sup>b</sup>	0,28 <sup>b</sup>	0,28 <sup>b</sup>	0,25 <sup>b</sup>	0,041	<0,0001	0,89
C22:5 n-3	0,89 <sup>a</sup>	2,53 <sup>b</sup>	2,71 <sup>b</sup>	2,85 <sup>b</sup>	2,44 <sup>b</sup>	0,175	<0,0001	0,65
C22:6 n-3	0,93 <sup>ab</sup>	0,82 <sup>a</sup>	1,02 <sup>b</sup>	0,99 <sup>ab</sup>	0,93 <sup>ab</sup>	0,070	0,262	0,11
<b>Vsote MK</b>								
n-3 VNMK	3,52 <sup>a</sup>	25,03 <sup>b</sup>	25,32 <sup>b</sup>	24,57 <sup>b</sup>	25,77 <sup>b</sup>	0,494	<0,0001	0,97
n-6 VNMK	21,94 <sup>a</sup>	19,62 <sup>b</sup>	19,70 <sup>b</sup>	20,32 <sup>b</sup>	19,59 <sup>b</sup>	0,421	0,001	0,34
NMK	40,85 <sup>a</sup>	29,70 <sup>b</sup>	28,57 <sup>bc</sup>	29,91 <sup>b</sup>	27,87 <sup>c</sup>	0,560	<0,0001	0,89
ENMK	33,61 <sup>a</sup>	25,61 <sup>bc</sup>	26,32 <sup>bc</sup>	25,17 <sup>b</sup>	27,10 <sup>c</sup>	0,611	<0,0001	0,76
VNMK	25,54 <sup>a</sup>	44,68 <sup>b</sup>	45,12 <sup>b</sup>	44,91 <sup>b</sup>	45,39 <sup>b</sup>	0,582	<0,0001	0,95
<b>Razmerje</b>								
n-6/n-3	6,32 <sup>a</sup>	0,79 <sup>b</sup>	0,78 <sup>b</sup>	0,83 <sup>b</sup>	0,76 <sup>b</sup>	0,090	<0,0001	0,99

Za vse obrazložitve glej preglednico 9

Največji delež pojasnjene variance (R<sup>2</sup>) smo izmerili pri palmitinski kislini, linolenski kislini in pri razmerju n-6/n-3 (več kot 0,9) ter pri vsotah MK, kot so n-3 VNMK (0,97) in VNMK (0,95). Najmanjši delež pojasnjene variance je opažen pri dokozaheksaenojski kislini (0,11), kjer tudi ni bilo statistično značilnih razlik med skupinami (preglednica 11).

Razmerje med n-6/n-3 VNMK je največje pri skupini NK17 (6,32). Med ostalimi skupinami ni bistvenih razlik (od 0,76 pri skupini DL200 do 0,83 pri skupini DL85). Meso vseh skupin ima lastnost funkcionalnega živila, saj izboljšuje razmerje med n-6/n-3 VNMK, še posebej pa skupine PK17, RRR85, DL85 ter DL200.

Če primerjamo naše rezultate s podatki, ki so jih navedli Cantor in sod. (2007), vidimo, da rezultati nekoliko odstopajo (preglednica 10, preglednica 11). Cantor in sod. (2007) navajajo, da je v kuhanem piščančjem mesu v povprečju 33,5 % NMK, 40,5 % ENMK ter 26 % VNMK. Naši rezultati pa kažejo, da je vsebnost NMK v mesu skupine NK17 večja ter

manjša v vseh ostalih skupinah. Vse skupine našega poskusa imajo manjšo vsebnost ENMK. Vsebnost VNMK iz podatkov, ki so jih navedli Cantor in sod. (2007) je primerljiva z NK17, vendar manjša od vseh ostalih štirih skupin. Enako kot pri nas pa navajajo, da od posameznih MK prevladuje  $\Sigma$ C18:1 (34,1 %) ter palmitinska kislina (23,1 %).

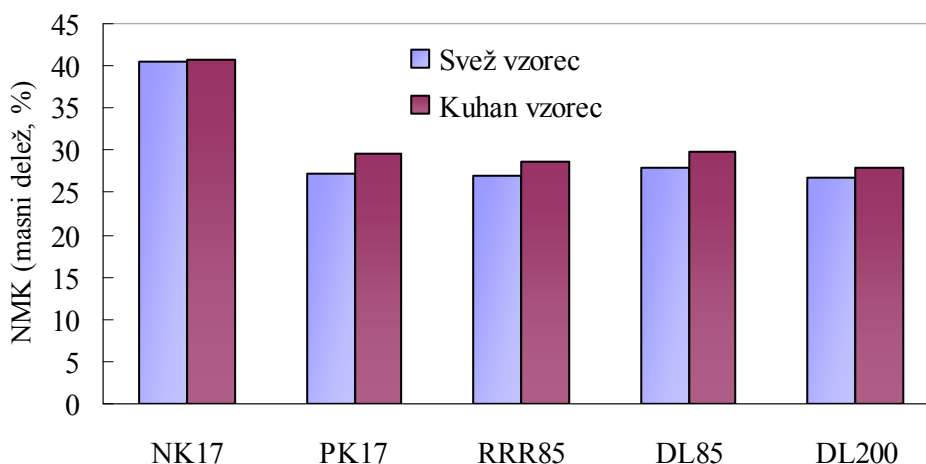
#### 4.2 PRIMERJAVA MAŠČOBNOKISLINSKE SESTAVE MED SVEŽIMI IN KUHANIMI VZORCI MESA (IZRAŽENO KOT MASNI DELEŽ)

Tako v svežih kot pri kuhanih vzorcih mesa prevladujejo MK kot so palmitinska kislina,  $\Sigma$ C18:1, linolenska ter linolna kislina (preglednica 9, preglednica 11). Delež palmitinske kisline se v kuhanih vzorcih nekoliko poveča, medtem ko se delež  $\Sigma$ C18:1 ter linolna nekoliko zmanjšata. Stearinska kislina se je v kuhanem vzorcu v primerjavi s svežim vzorcem najbolj povečala (na primer pri skupini PK17 iz 8,02 % pri svežem vzorcu na 9,17 % pri kuhanem vzorcu mesa). Razlike (številčne) v posameznih MK med svežimi in kuhanimi vzorci niso velike.

Med svežim in kuhanim mesom v vsebnosti NMK in VNMK obstajajo statistično značilne razlike, medtem ko jih pri ENMK ni opaziti. Ravno tako tudi interakcija med skupino in pripravo pri NMK, ENMK in VNMK ni statistično značilna ( $P > 0,05$ ).

Največje razlike so bile pri skupini PK17. Svež vzorec je vseboval 27,34 % NMK, 26,09 % ENMK ter 46,57 % VNMK, kuhan vzorec pa 29,70 % NMK, 25,61 % ENMK ter 44,68 % VNMK (preglednica 9, preglednica 11). Torej absolutno za 2,36 % več NMK, za 0,48 % manj ENMK ter za 1,89 % manj VNMK (slika 3, slika 4, slika 5). Najmanjše razlike (številčno) pa so bile pri skupini NK17. NMK so se povečale za 0,24 %, ENMK so se zmanjšale za 0,43% ter VNMK so se povečale za 0,19 % (slika 3, slika 4, slika 5).





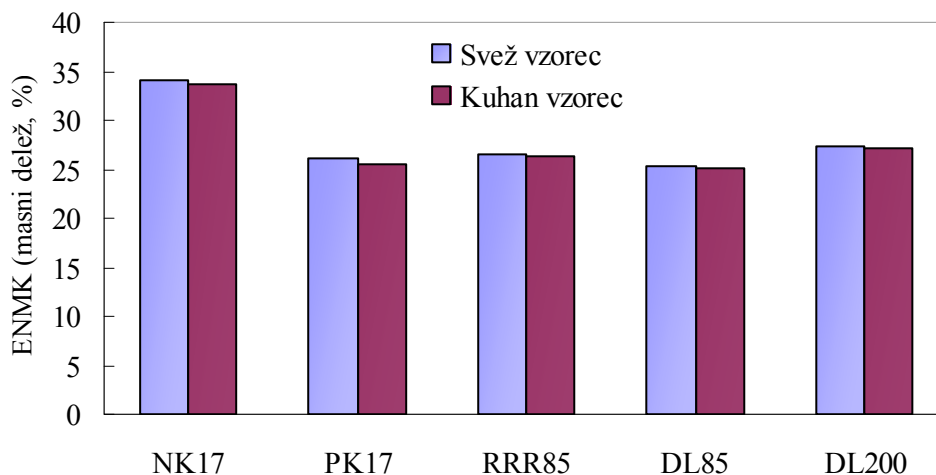
Vpliv skupine:  $P < 0,0001$

Vpliv priprave:  $P < 0,0001$

Vpliv interakcije skupine in priprave:  $P = 0,3534$

Slika 3: Masni delež (%) NMK pri kuhanih in svežih vzorcih po skupinah

Pri vseh skupinah se je pri kuhanih vzorcih povečal delež NMK in sicer v povprečju za 1,46 % (slika 3), zmanjšala pa se je vsebnost ENMK in sicer v povprečju za 0,30 % (slika 4). VNMK so se pri kuhanih vzorcih pri vseh skupinah z dodanim lanenim oljem v povprečju zmanjšale absolutno za 1,40 %, pri skupini NK17 pa so se povečale za 0,19 % (slika 5).

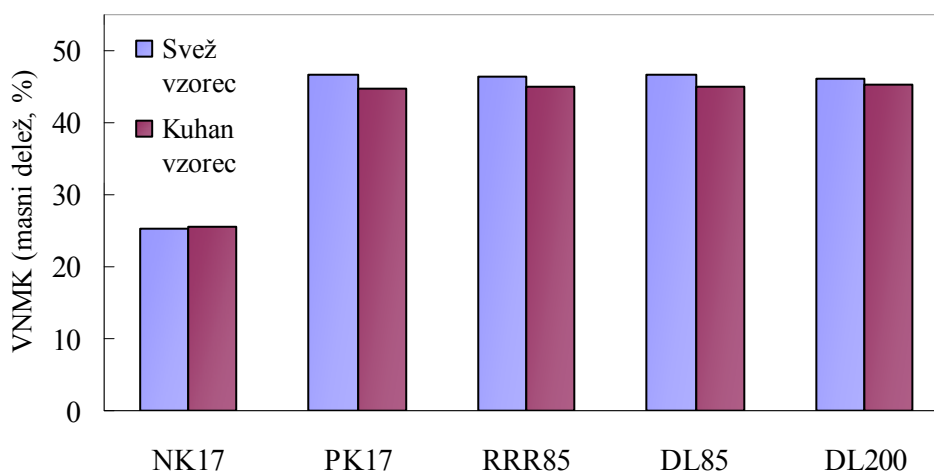


Vpliv skupine:  $P < 0,0001$

Vpliv priprave:  $P = 0,3289$

Vpliv interakcije skupine in priprave:  $P = 0,9985$

Slika 4: Masni delež (%) ENMK pri kuhanih in svežih vzorcih po skupinah



Vpliv skupine:  $P < 0,0001$

Vpliv priprave:  $P = 0,0049$

Vpliv interakcije skupine in priprave:  $P = 0,4061$

Slika 5: Masni delež (%) VNMK pri kuhanih in svežih vzorcih po skupinah

#### 4.3 PRIMERJAVA MAŠČOBNOKISLINSKE SESTAVE SVEŽIH IN KUHANIH VZORCEV MESA (IZRAŽENO KOT mg MK/100 g mesa)

V preglednici 12 so prikazane vsebnosti posameznih MK in vsote MK v vzorcih svežega mesa po skupinah. Rezultati so podani v mg MK/100 g mesa.

V vsebnosti posameznih MK in vsotah MK v mg MK/100 g mesa obstajajo med skupinami velike statistično značilne razlike. Pri skupini NK17 je največ  $\Sigma C18:1$  (273,58 mg/100 g mesa) ter palmitinske kisline (212,72 mg/100 g mesa). Pri z lanenim oljem krmljenih skupinah pa je največ  $\Sigma C18:1$  (na 100 g mesa: 344,42 mg v PK17, 387,60 v RRR85, 304,82 mg v DL85 ter 413,50 mg v DL200) ter linolenske kisline (na 100 g mesa: 319,19 mg v PK17, 313,88 v RRR85, 269,43 mg v DL85 ter 364,26 mg v DL200). Pri palmitinski kislini, palmitolenski kislini, stearinski kislini ter MK C20:2 n-6 med skupinami ni statistično značilnih razlik ( $P > 0,05$ ).

Medtem ko v vsebnosti NMK in ENMK ni statistično značilnih razlik ( $P > 0,05$ ), pa obstajajo statistično značilne razlike v vsebnosti n-3 VNMK, n-6 VNMK ter VNMK med skupinami. Največ VNMK je bilo pri skupini DL200 (763,72 mg/100 g mesa), najmanj pa pri skupini NK17 (225,38 mg/100 g mesa). V 100 g mesa ima skupina PK17 669,36 mg VNMK, skupina RRR85 736,12 mg VNMK in skupina DL85 612,12 mg VNMK.

Preglednica 12: Vsebnosti posameznih MK in vsote MK (mg MK/100 g mesa) v vzorcih svežega mesa po skupinah

MK	Skupina					SN	P	R <sup>2</sup>
	NK17	PK17	RRR85	DL85	DL200			
C16:0	212,72 <sup>a</sup>	229,44 <sup>b</sup>	229,95 <sup>b</sup>	208,12 <sup>b</sup>	255,64 <sup>b</sup>	18,72	0,398	0,09
C16:1 n-7	37,78 <sup>a</sup>	30,78 <sup>ab</sup>	33,46 <sup>ab</sup>	24,37 <sup>b</sup>	32,75 <sup>ab</sup>	4,46	0,271	0,11
C18:0	114,04 <sup>a</sup>	113,01 <sup>a</sup>	121,17 <sup>a</sup>	109,42 <sup>a</sup>	128,61 <sup>a</sup>	7,97	0,436	0,08
∑C18:1	273,58 <sup>a</sup>	344,42 <sup>ac</sup>	387,60 <sup>bc</sup>	304,82 <sup>a</sup>	413,50 <sup>bc</sup>	34,78	0,031	0,21
C18:2 n-6	129,47 <sup>a</sup>	239,27 <sup>bc</sup>	263,93 <sup>bc</sup>	222,93 <sup>b</sup>	277,70 <sup>c</sup>	19,05	<0,001	0,48
C18:3 n-3	9,89 <sup>a</sup>	319,19 <sup>bc</sup>	313,88 <sup>bc</sup>	269,43 <sup>b</sup>	364,26 <sup>c</sup>	0,41	<0,001	0,70
C18:4 n-3	0,20 <sup>a</sup>	2,19 <sup>b</sup>	2,33 <sup>bc</sup>	2,19 <sup>b</sup>	2,80 <sup>c</sup>	0,21	<0,001	0,69
C20:2 n-6	3,76 <sup>a</sup>	3,98 <sup>ab</sup>	4,29 <sup>b</sup>	4,00 <sup>ab</sup>	4,38 <sup>b</sup>	0,19	0,131	0,15
C20:3 n-3	0,55 <sup>a</sup>	8,73 <sup>b</sup>	8,57 <sup>b</sup>	8,48 <sup>b</sup>	8,89 <sup>b</sup>	0,41	<0,001	0,89
C20:3 n-6	9,27 <sup>a</sup>	6,42 <sup>b</sup>	6,83 <sup>b</sup>	6,83 <sup>b</sup>	7,01 <sup>b</sup>	0,33	<0,001	0,55
C20:4 n-6	42,90 <sup>a</sup>	25,99 <sup>b</sup>	30,62 <sup>c</sup>	28,28 <sup>bc</sup>	27,46 <sup>bc</sup>	1,25	<0,001	0,75
C20:5 n-3	3,55 <sup>a</sup>	20,31 <sup>b</sup>	21,39 <sup>b</sup>	21,69 <sup>b</sup>	20,75 <sup>b</sup>	0,79	<0,001	0,91
C22:4 n-6	9,47 <sup>a</sup>	3,13 <sup>b</sup>	3,51 <sup>b</sup>	3,15 <sup>b</sup>	3,23 <sup>b</sup>	0,20	<0,001	0,95
C22:5 n-3	7,33 <sup>a</sup>	29,96 <sup>b</sup>	35,76 <sup>c</sup>	32,36 <sup>b</sup>	33,27 <sup>bc</sup>	1,22	<0,001	0,90
C22:6 n-3	7,69 <sup>a</sup>	9,82 <sup>b</sup>	13,48 <sup>b</sup>	11,80 <sup>b</sup>	12,80 <sup>b</sup>	0,63	<0,001	0,59
Vsote MK								
n-3 VNMK	29,20 <sup>a</sup>	389,55 <sup>bc</sup>	392,99 <sup>bc</sup>	345,96 <sup>b</sup>	442,82 <sup>c</sup>	31,01	<0,001	0,74
n-6 VNMK	195,79 <sup>a</sup>	279,24 <sup>b</sup>	309,35 <sup>b</sup>	265,71 <sup>b</sup>	320,34 <sup>b</sup>	19,86	<0,001	0,38
NMK	372,12 <sup>a</sup>	389,89 <sup>b</sup>	396,37 <sup>b</sup>	364,19 <sup>b</sup>	433,38 <sup>b</sup>	27,55	0,421	0,08
ENMK	317,61 <sup>a</sup>	380,90 <sup>ac</sup>	426,89 <sup>bc</sup>	334,27 <sup>ab</sup>	452,70 <sup>c</sup>	39,50	0,073	0,17
VNMK	225,38 <sup>a</sup>	669,36 <sup>bc</sup>	736,12 <sup>bc</sup>	612,12 <sup>b</sup>	763,72 <sup>c</sup>	53,51	<0,001	0,62
Razmerje								
n-6/n-3	6,71 <sup>a</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,74 <sup>b</sup>	0,78 <sup>b</sup>	0,74 <sup>b</sup>	0,11	<0,001	0,98

Za vse obrazložitve glej preglednico 9

Najbolj izstopa linolenska kislina (C18:3 n-3). Skupina NK17 vsebuje 9,89 mg linolenske kisline na 100 g mesa, skupina DL85 jo vsebuje 269,43 mg/100 g mesa, pri ostalih skupinah (PK17, RRR85, ter DL200) pa njena vsebnost presega 300 mg/100 g mesa (preglednica 12).

Največji delež pojasnjene variance (R<sup>2</sup>) smo izmerili pri eikozapentaenojski kislini, dokozaapentaenojski kislini, adrenski kislini ter pri razmerju n-6/n-3 (več kot 0,9). Najmanj pa pri palmitinski kislini, palmitoleinski kislini, stearinski kislini, MK C20:2 n-6 ter pri NMK in ENMK. Pri teh MK in vsotah MK (NMK, ENMK) tudi ni statistično značilnih razlik med skupinami (P>0,05).

Največje razmerje med n-6/n-3 je pri skupini NK17 (6,71), ostala razmerja pa se gibljejo od 0,71 pri skupini PK17 do 0,78 pri skupini DL85 (preglednica 12). Golob in sod. (2006) navajajo, da je razmerje med n-6/n-3 v svežem piščančjem mesu 12,7. To razmerje je veliko bolj široko v primerjavi z našim razmerjem. Povprečno sveže meso prsne mišice slovenskih

piščancev vsebuje veliko n-6 VNMK ter manj n-3 VNMK v primerjavi s svežim mesom iz našega poskusa (preglednica 2, preglednica 12). Iz teh rezultatov lahko sklepamo, da je razmerje med n-6/n-3 pri vseh skupinah iz našega poskusa ugodno, saj izboljšuje to razmerje.

Če primerjamo maščobnokislinsko sestavo svežega mesa piščančjih prsi iz našega poskusa s slovenskim povprečjem, vidimo, da naši rezultati niso primerljivi (preglednica 2 in preglednica 12). Golob in sod. (2006) navajajo, da vsebuje meso svežih piščančjih prsi 289 mg NMK/100 g mesa, 317 mg ENMK/100 g mesa ter 294 mg VNMK/100 g mesa (preglednica 2). Vsebnost NMK je pri vseh naših skupinah večja. Vsebnost ENMK je primerljiva s skupino NK17, vsebnost VNMK je večja v primerjavi s skupino NK17 in veliko manjša v primerjavi s skupinami PK17, RRR85, DL85 ter DL200. Največje razlike so pri vsebnosti VNMK. Piščanci, krmljeni z lanenim oljem (PK17, RRR85, DL85 ter DL200), ki je bogato na VNMK so v svojem mesu vsebovali večje količine VNMK v primerjavi s slovenskim povprečjem ter skupino NK17. Tudi ostala literatura navaja, da povečan vnos VNMK v krmi poveča vsebnost VNMK v mesu (Lin in sod., 1989; Ajuyah in sod., 1993b; López-Ferrer in sod., 2001; Cortinas in sod., 2005).

V preglednici 13 so prikazane vsebnosti posameznih MK in vsote MK v vzorcih kuhanega mesa po skupinah. Rezultati so podani v mg MK/100 g mesa.

Pri skupini NK17 je največ  $\sum C18:1$  (248,80 mg/100 g mesa) ter palmitinske kisline (194,77 mg/100 g mesa). Pri palmitinski kislini ni statistično značilnih razlik med skupinami ( $P=0,153$ ). Pri skupinah PK17, RRR85, DL85 ter DL200 pa je največ  $\sum C18:1$  ter linolenske kisline. Skupina PK17 vsebuje 298,94 mg/100 g mesa  $\sum C18:1$ , skupina RRR85 316,53 mg/100 g mesa, skupina DL85 270,22 mg/100 g mesa ter skupina DL200 373,97 mg/100 g mesa. Pri linolenski kislini si po skupinah PK17, RRR85, DL85 ter DL200 sledijo 251,27 mg/100 g mesa, 250,61 mg/100 g mesa, 218,38 mg/100 g mesa ter 312,89 mg/100 g mesa (preglednica 13).

Pri vseh petih skupinah je najmanj stearidonske kisline. Pri palmitinski kislini, palmitoleinski kislini ter stearinska kislina ni statistično značilnih razlik med skupinami ( $P>0,05$ ).

Preglednica 13: Vsebnosti posameznih MK in vsote MK (mg MK/100 g mesa) v vzorcih kuhanega mesa po skupinah

MK	Skupina					SN	P	R <sup>2</sup>
	NK17	PK17	RRR85	DL85	DL200			
C16:0	194,77 <sup>a</sup>	209,60 <sup>ab</sup>	215,33 <sup>ab</sup>	194,32 <sup>a</sup>	239,27 <sup>b</sup>	13,86	0,153	0,14
C16:1 n-7	32,31 <sup>a</sup>	24,33 <sup>ab</sup>	28,09 <sup>ab</sup>	21,28 <sup>b</sup>	28,04 <sup>ab</sup>	3,23	0,172	0,13
C18:0	108,82 <sup>a</sup>	113,30 <sup>ab</sup>	116,39 <sup>ab</sup>	107,34 <sup>a</sup>	128,11 <sup>b</sup>	5,80	0,106	0,16
ΣC18:1	248,80 <sup>a</sup>	298,94 <sup>ab</sup>	316,53 <sup>ab</sup>	270,22 <sup>a</sup>	373,97 <sup>b</sup>	24,36	0,009	0,26
C18:2 n-6	118,05 <sup>a</sup>	205,51 <sup>b</sup>	214,31 <sup>bc</sup>	194,96 <sup>b</sup>	249,72 <sup>c</sup>	14,04	<0,0001	0,52
C18:3 n-3	10,15 <sup>a</sup>	251,27 <sup>bc</sup>	250,61 <sup>bc</sup>	218,38 <sup>b</sup>	312,89 <sup>c</sup>	25,15	<0,0001	0,66
C18:4 n-3	0,17 <sup>a</sup>	1,80 <sup>b</sup>	1,76 <sup>b</sup>	1,83 <sup>b</sup>	2,42 <sup>c</sup>	0,20	<0,0001	0,63
C20:2 n-6	3,87 <sup>a</sup>	4,10 <sup>ab</sup>	4,38 <sup>bc</sup>	4,02 <sup>ab</sup>	4,58 <sup>c</sup>	0,17	0,028	0,21
C20:3 n-3	0,57 <sup>a</sup>	8,82 <sup>b</sup>	8,58 <sup>b</sup>	8,29 <sup>b</sup>	9,15 <sup>b</sup>	0,42	<0,0001	0,87
C20:3 n-6	9,55 <sup>a</sup>	6,73 <sup>b</sup>	7,10 <sup>b</sup>	6,68 <sup>b</sup>	7,65 <sup>b</sup>	0,37	<0,0001	0,49
C20:4 n-6	42,33 <sup>a</sup>	25,96 <sup>b</sup>	31,69 <sup>c</sup>	27,89 <sup>bd</sup>	29,47 <sup>cd</sup>	1,09	<0,0001	0,75
C20:5 n-3	3,49 <sup>a</sup>	19,33 <sup>b</sup>	21,64 <sup>b</sup>	20,99 <sup>b</sup>	21,79 <sup>b</sup>	0,90	<0,0001	0,87
C22:4 n-6	9,60 <sup>a</sup>	3,30 <sup>b</sup>	3,77 <sup>b</sup>	3,20 <sup>b</sup>	3,59 <sup>b</sup>	0,21	<0,0001	0,94
C22:5 n-3	7,31 <sup>a</sup>	30,70 <sup>b</sup>	36,90 <sup>c</sup>	32,02 <sup>b</sup>	35,55 <sup>c</sup>	1,07	<0,0001	0,92
C22:6 n-3	7,20 <sup>a</sup>	10,04 <sup>c</sup>	13,29 <sup>bd</sup>	12,05 <sup>b</sup>	13,73 <sup>d</sup>	0,56	<0,0001	0,66
<b>Vsote MK</b>								
n-3 VNMK	29,28 <sup>a</sup>	322,00 <sup>bc</sup>	333,47 <sup>bc</sup>	293,57 <sup>b</sup>	395,48 <sup>c</sup>	26,72	<0,0001	0,72
n-6 VNMK	184,28 <sup>a</sup>	246,86 <sup>b</sup>	261,25 <sup>bc</sup>	237,38 <sup>b</sup>	295,46 <sup>c</sup>	15,42	<0,0001	0,41
NMK	346,99 <sup>a</sup>	371,09 <sup>ab</sup>	381,54 <sup>ab</sup>	347,41 <sup>a</sup>	417,75 <sup>b</sup>	20,30	0,102	0,16
ENMK	288,37 <sup>a</sup>	329,44 <sup>a</sup>	347,41 <sup>ab</sup>	297,79 <sup>a</sup>	409,36 <sup>b</sup>	27,50	0,026	0,22
VNMK	213,95 <sup>a</sup>	569,27 <sup>b</sup>	595,98 <sup>bc</sup>	531,25 <sup>b</sup>	691,38 <sup>c</sup>	41,09	<0,0001	0,64
<b>Razmerje</b>								
n-6/n-3	6,32 <sup>a</sup>	0,79 <sup>b</sup>	0,78 <sup>b</sup>	0,82 <sup>b</sup>	0,76 <sup>b</sup>	0,10	<0,0001	0,99

Za vse obrazložitve glej preglednico 9

Največjo razliko pri kuhanem mesu vidimo pri linolenski kislini. Skupina NK17 jo vsebuje le 10,15 mg/100 g mesa, medtem ko skupina DL200 312,89 mg/100 g mesa. Tudi ostale skupine imajo visoko vrednost linolenske kisline (preglednica 13).

Razlike v vsebnosti NMK med skupinami niso statistično značilne (P=0,102). Največ ENMK vsebuje skupina DL200 (409,36 mg/100 g mesa), najmanj pa skupina NK17 (288,37 mg/100 g mesa). Največ VNMK vsebuje skupina DL200 (691,38 mg/100 g mesa), najmanj pa skupina NK17 (213,95 mg/100 g mesa). Skupina PK17, ki v krmi ni prejela dodanega vitamina E pa je vsebovala 569,27 mg VNMK/100 g mesa. Za to razliko (med skupinama NK17 in PK17) je torej odgovorno laneno olje, ki vsebuje več VNMK v primerjavi z palmovo mastjo, ki jo je prejela skupina NK17.

Največji delež pojasnjene variance (R<sup>2</sup>) smo opazili pri eikozapentaenojski kislini, adrenski kislini ter pri razmerju n-6/n-3 (več kot 0,9). Najmanj pa pri palmitinski kislini,

palmitoleinski kislini, stearinski kislini ter pri NMK. Pri teh posameznih MK in NMK tudi ni statistično značilnih razlik med skupinami ( $P > 0,05$ ).

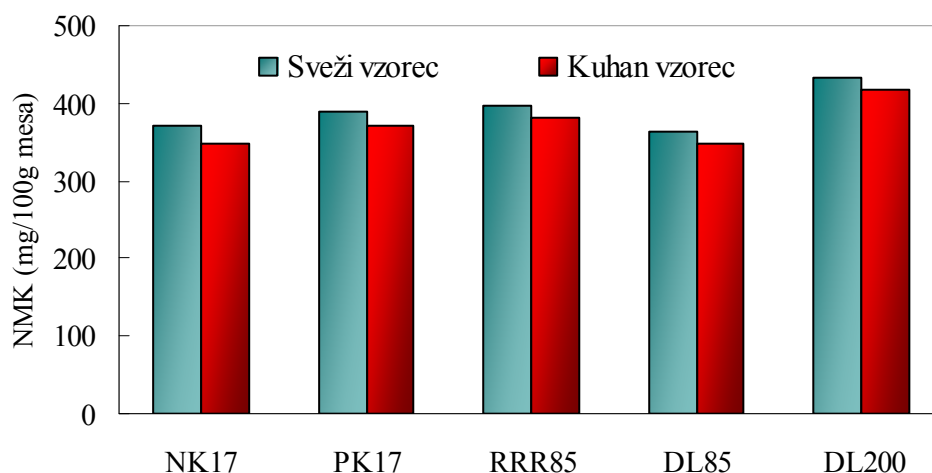
Širše razmerje med n-6/n-3 je pri skupini NK17 (6,32), ostala razmerja pa se gibljejo od 0,76 pri skupini DL200 do 0,82 pri skupini DL85 (preglednica 13).

#### 4.4 PRIMERJAVA MAŠČOBNOKISLINSKE SESTAVE MED SVEŽIMI IN KUHANIMI VZORCI MESA (IZRAŽENO KOT mg MK/ 100 g mesa )

Največje razlike (številčno) med svežimi in kuhanimi vzorci (v mg MK/100 g mesa) so pri  $\Sigma C18:1$ , linolni kislini ter pri linolenski kislini (preglednica 12, preglednica 13). Delež teh MK se je v kuhanem vzorcu nekoliko zmanjšal, razen pri linolenski kislini, ki se je pri skupini NK17 v kuhanem vzorcu nekoliko povečal. Temperatura obdelave mesa (kuhanje) ter na to skladiščenje kuhanega mesa v hladilniki so dejavniki, ki pospešijo peroksidacijo maščob (predvsem VNMK). To je tudi razlog, da se je v kuhanem mesu količina nekaterih večkrat nenasičenih MK zmanjšala.

Pri NMK in ENMK ni statistično značilnih razlik med svežim in kuhanim mesom, pri VNMK pa so statistično značilne razlike. Interakcije med skupinami in pripravo pri NMK, ENMK in VNMK niso statistično značilne ( $P > 0,05$ ).

Delež NMK, ENMK in VNMK se je v kuhanem mesu (kuhanje pri 85 °C, 60 minut) v primerjavi s svežim mesom zmanjšal pri vseh petih skupinah (slika 6, slika 7, slika 8). Cortinas in sod. (2004) navajajo, da kuhanje mesa piščančjih stegen zmanjšuje delež NMK, ENMK in VNMK in sicer v povprečju NMK za 6,2 %, ENMK za 6,8 % ter VNMK za 5,7 % (kuhanje pri 80 °C, 30 minut). Podobno navajajo tudi ostale študije. Mayers in Harris (1975) navajajo, da kuhanje piščančjih stegen pri 106° C za 77 minut zmanjša vsebnost NMK za 7,0 %, ENMK za 5,3 % ter VNMK za 6,6 %. Meso piščančjih stegen v primerjavi s piščančjimi prsi je tudi bolj podvrženo lipidni peroksidaciji, saj vsebuje večjo vsebnost VNMK, ki so manj oksidacijsko stabilne (Marcinčák in sod., 2008).



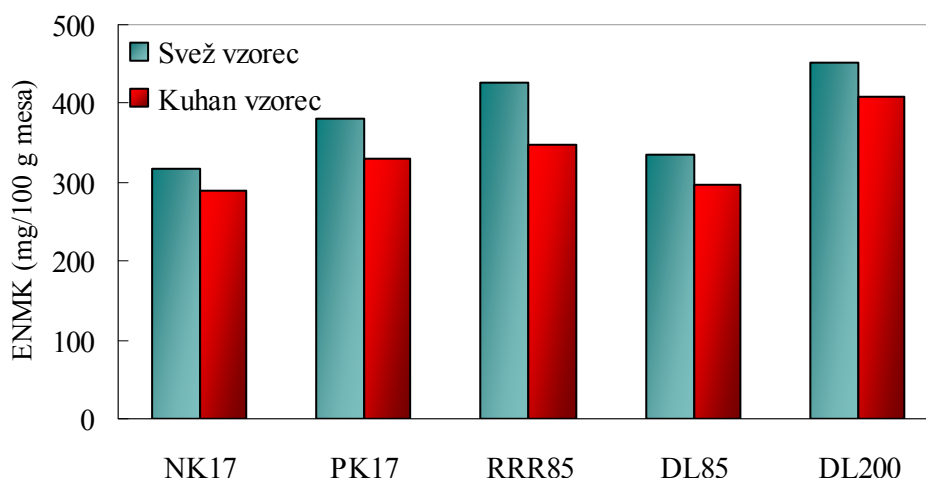
Vpliv skupine:  $P=0,0239$

Vpliv priprave:  $P=0,2559$

Vpliv interakcije skupine in priprave:  $P=0,9997$

Slika 6: Vsebnost NMK v svežih in kuhanih vzorcih mesa po skupinah (mg/100 g mesa)

Pri skupini NK17 je bil padec vsebnosti NMK med kuhanjem največji (slika 6). Vsebnost NMK v kuhanem mesu se je zmanjšala za 7,24 % (za 25,13 mg/100 g mesa). Pri skupini PK17 je vsebnost NMK padla za 5,07 % (za 18,80 mg/100 g mesa), pri skupini RRR85 za 3,89 % (za 14,83/100 g mesa), pri skupini DL85 za 4,83 % (za 16,78 mg/100 g mesa) ter pri skupini DL200 za 3,74 % (za 15,63 mg/100 g mesa). Pri skupini DL200 je bil padec najmanjši. Razlike v vsebnosti NMK med svežim in kuhanim mesom niso statistično značilne.

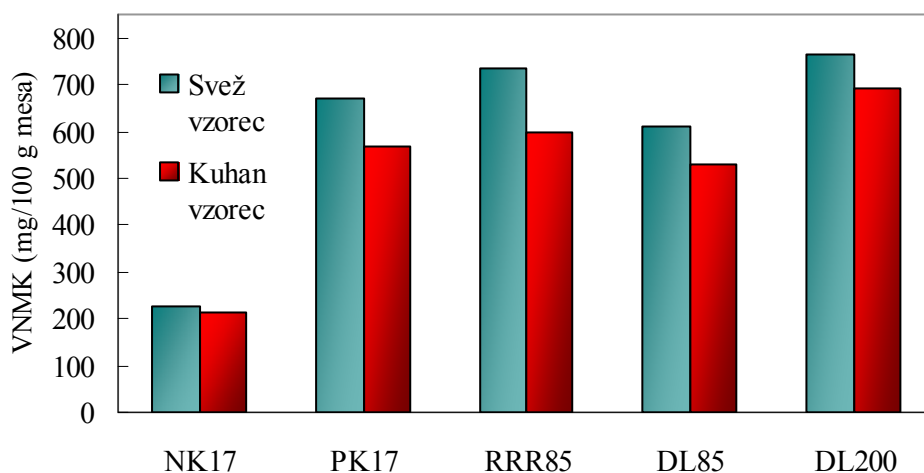


Vpliv skupine:  $P=0,001$

Vpliv priprave:  $P=0,0595$

Vpliv interakcije skupine in priprave:  $P=0,9978$

Slika 7: Vsebnost ENMK v svežih in kuhanih vzorcih mesa po skupinah (mg/100 g mesa)



Vpliv skupine:  $P<0,0001$

Vpliv priprave:  $P=0,0243$

Vpliv interakcije skupine in priprave:  $P=0,9055$

Slika 8: Vsebnost VNMK v svežih in kuhanih vzorcih mesa (mg/100 g mesa)

Vsebnost ENMK se je v kuhanem mesu v primerjavi s svežim mesom najbolj zmanjšala v skupini RRR85 (slika 7). Vsebnost ENMK se je zmanjšala za 22,88 % (za 79,48 mg/100 g mesa). Velik padec je bil tudi pri skupini PK17, ta je znašal 15,62 % (padec za 51,46 mg/100 g mesa). Pri skupini NK17 je bil padec ENMK v kuhanem vzorcu za 10,14 % (za 29,24 mg/100 g mesa), pri skupini DL85 za 12,25 % (za 36,48 mg/100 g mesa) ter pri skupini



DL200 za 10,59 % (za 43,34 mg/100 g mesa). Razlike v vsebnosti ENMK med svežim in kuhanim mesom niso statistično značilne.

V primerjavi s NMK in ENMK je bil padec VNMK v kuhanem mesu (v primerjavi z svežim mesom) največji. Pri skupini RRR85 je padec največji (slika 8) in sicer za 23,51 % (za 140,14 mg/100 g mesa), najmanjši pa pri skupini NK17 in sicer za 5,34 % (za 11,43 mg/100 g mesa). Padec pri skupini PK17 je znašal 17,58 % (100,09 mg/100 g mesa), pri skupini DL85 15,22 % (80,87 mg/100 g mesa) ter pri skupini DL200 10,46 % (72,34 mg/100 g mesa). Razlike v vsebnosti VNMK med svežim in kuhanim mesom so statistično značilne ( $P < 0,05$ ).

#### 4.5 VSEBNOST MDA V SVEŽEM IN KUHANEM MESU (IZRAŽENO KOT $\mu\text{g}/100$ g mesa)

Iz preglednice 14 in slike 9 je razvidno, da količina malondialdehida (MDA) v kuhanem mesu v primerjavi s svežim mesom močno naraste. MDA je toksičen produkt lipidne peroksidacije in uporabljamo ga tudi kot indikator obsega lipidne peroksidacije. Peroksidacijo lipidov v mesu pospešujejo spremembe med skladiščenjem ter pripravo mesa. V našem primeru gre za kuhanje mesa (kuhan vzorec) ter njegovo skladiščenje 6 dni v hladilniku. Ta dva dejavnika pospešujeta lipidno peroksidacijo, to pa povzroči, da se vsebnost MDA v kuhanem mesu poveča.

Preglednica 14: Vsebnost MDA v vzorcih svežega mesa in kuhanega mesa ( $\mu\text{g}/100$  g mesa)

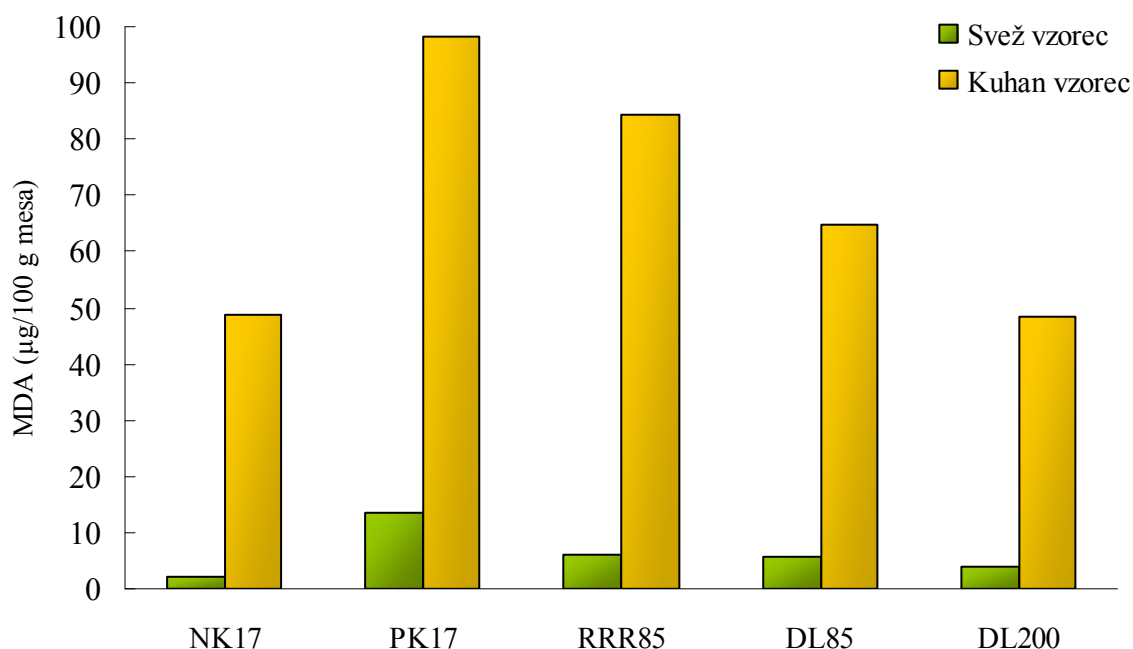
	NK17	PK17	RRR85	DL85	DL200	SN	P	R <sup>2</sup>
Sveže m.	2,28 <sup>a</sup>	13,54 <sup>b</sup>	6,19 <sup>c</sup>	5,64 <sup>c</sup>	3,95 <sup>ac</sup>	0,89	<,0001	0,70
Kuhano m.	48,92 <sup>a</sup>	98,30 <sup>b</sup>	84,25 <sup>bc</sup>	64,86 <sup>ac</sup>	48,35 <sup>a</sup>	7,98	<,0001	0,40

SN - standardna napaka (+/-)

P - p-vrednost (<0,05 pomeni, da je opazovana lastnost statistično značilna)

<sup>a, b, c, d</sup> - vrednosti v vrsticah označenih z različnimi črkami se statistično razlikujejo pri  $P < 0,05$

R<sup>2</sup> - delež pojasnjene variance



Vpliv skupine:  $P < 0,0001$

Vpliv priprave:  $P < 0,0001$

Vpliv interakcije skupine in priprave:  $P = 0,0011$

Slika 9: Vsebnost MDA ( $\mu\text{g}/100\text{ g}$  mesa) v svežem in kuhanem mesu

Pri vsebnosti MDA so statistično značilne razlike med skupinami, kot tudi med svežim in kuhanim mesom. Ravno tako je statistično značilna tudi interakcija med skupinami in pripravo vzorcev. Delež pojasnjene variance je pri svežem mesu 0,7024, pri kuhanem mesu pa 0,4032 (preglednica 14).

Največji obseg lipidne peroksidacije je pri skupini PK17. MDA se je v tej skupini povečal za  $84,76\ \mu\text{g}/100\text{ g}$  mesa (preglednica 14). Tudi pri skupini RRR85 je opazen velik obseg lipidne peroksidacije (MDA se je v kuhanem vzorcu povečal za  $78,06\ \mu\text{g}/100\text{ g}$  mesa). Pri skupini DL85 se je MDA v kuhanem vzorcu povečalo za  $59,22\ \mu\text{g}/100\text{ g}$  mesa. Skupini NK17 in DL200 sta si približno enakovredni. V skupini NK17 ter v skupini DL200 se je MDA povečal za 46,64 oziroma za  $44,4\ \mu\text{g MDA}/100\text{ g}$  mesa.

Pri skupini PK17 je bil velik obseg lipidne peroksidacije že v svežem mesu. MDA pri svežem mesu v tej skupini znaša  $13,54\ \mu\text{g}/100\text{ g}$  mesa, medtem ko se vrednosti pri ostalih skupinah gibljejo od  $2,28\ \mu\text{g MDA}/100\text{ g}$  mesa pri skupini NK17 do  $6,19\ \mu\text{g MDA}/100\text{ g}$  mesa pri skupini RRR85.

Skupina PK17 je s krmo prejela laneno olje, bogat vir n-3 VNMK (preglednica 8), hkrati pa ni bilo dodanega vitamina E kot zaščite pred lipidno peroksidacijo (preglednica 7). Ko govorimo o lipidni peroksidaciji pa mislimo predvsem na peroksidacijo VNMK.

Naravni vitamin E (v skupini RRR85) ter sintetični vitamin E v manjši koncentraciji (skupina DL85) statistično značilno zmanjšajo obseg lipidne peroksidacije, vendar ne toliko kot sintetični vitamin E v večji koncentraciji (skupina DL200). Iz tega lahko sklepamo, da vitamin E vpliva na oksidacijsko stabilnost mesa piščančjih prsi. Kot najbolj učinkovit dodatek se je v svežem mesu pokazal dodatek pri skupini DL200, v kuhanem mesu pa dodatek pri skupinama DL85 in DL200, saj je uspel zmanjšati količino MDA na raven skupine NK17.

Tudi pri skupini NK17 je bil obseg lipidne peroksidacije relativno majhen. To pa zato, ker je ta skupina v svojo krmo prejela namesto lanenega olja palmovo mast, ki je relativno revna na VNMK v primerjavi z lanenim oljem (preglednica 8).

Pri podobnih poskusih (vpliv vitamina E na oksidacijsko stabilnost mesa), ki so jih izvedli Botsoglou in sod. (2003) ter Govaris in sod. (2005) pri puranju mesa so naši rezultati primerljivi. Primerljivi so tudi s poskusi na piščančjem mesu, ki so jih izvedli Brenes in sod. (2008) ter Marcincák in sod. (2008).

## 5 SKLEPI

Na osnovi opravljenih analiz in obdelave podatkov lahko oblikujemo naslednje sklepe:

- V vsebnosti NMK, ENMK in VNMK od vseh skupin najbolj odstopa skupina NK17. To je posledica dejstva, da je prejela v krmi palmovo mast, medtem ko je krma ostalih skupin vsebovala laneno olje. Palmova mast je v primerjavi z lanenim oljem bogatejša na vsebnosti NMK ter revnejša na vsebnosti VNMK.
- Skupine, ki so prejemale v krmi laneno olje (PK17, RRR85, DL85 in DL200) imajo ugodnejšo maščobnokislinsko sestavo mesa. Meso teh skupin vsebuje manjšo vsebnost manj zaželenih NMK, pa tudi ENMK ter večjo vsebnost zaželenih VNMK, kar je iz prehranskega vidika ugodnejše. Povečan vnos VNMK v krmi, v našem primeru gre za laneno olje poveča vsebnost VNMK v prsni mišici ter zmanjša vsebnost NMK in ENMK.
- Pri vseh skupinah, kot tudi pri svežih in kuhanih vzorcih je najpogostejša MK vsota izomer C18:1 ( $\Sigma$ C18:1).
- Laneno olje je izredno bogato z n-3 VNMK (predvsem linolenska kislina), kar poveča vsebnost n-3 VNMK v prsni mišici piščancev, ki so v krmi prejeli laneno olje. Posledično imajo te skupine zelo ozko razmerje med n-6/n-3 VNMK. Kljub temu imajo vse skupine v poskusu ugodno razmerje med n-6/n-3 VNMK, saj to razmerje izboljšujejo. Meso vseh skupin ima s tega vidika lastnost funkcionalnega živila.
- Kuhanje mesa vodi k zmanjšanju vsebnosti MK v prsni mišici. Predvsem se to zmanjšanje vidi pri vsotah MK NMK, ENMK in VNMK. Padeč vsebnosti NMK, ENMK in VNMK v mg/100 g mesa je viden pri vseh skupinah.
- Dodatek vitamina E v krmi nima vpliva na maščobnokislinsko sestavo mesa.
- Kuhanje mesa povzroči povečanje obsega lipidne peroksidacije, kar ima za posledico povečano nastajanje toksičnega produkta MDA v kuhanem mesu. Pri vseh skupinah se je količina MDA zaradi kuhanja povečala.

- Obseg lipidne peroksidacije, merjen kot koncentracija MDA, je bil v krmi z lanenim oljem (PK17) statistično značilno večji kot v krmi s palmovo mastjo (NK17).
- Medtem ko v svežem mesu vsi trije dodatki vitamina E (pri skupinah RRR85, DL85 in DL200) statistično značilno zmanjšajo obseg lipidne peroksidacije, pa sta v kuhanem mesu učinkovita le dodatka pri skupinah DL85 in DL200. Kot najbolj učinkovit dodatek se je v svežem mesu pokazal dodatek pri skupini DL200, v kuhanem mesu pa dodatek pri skupinama DL85 in DL200, saj je uspel zmanjšati količino MDA na raven skupine NK17.

## 6 POVZETEK

Prekomerno zauživanje NMK vodi k nezaželenemu povečanju vsebnosti holesterola v krvni plazmi in je povezano z razvojem srčnožilne bolezni. Iz tega vzroka je zaželeno zaužiti čim manj NMK, zato dodajamo v krmo piščancev olja, ki povečujejo delež VNMK in zmanjšujejo delež NMK v mesu ter mesnih proizvodih. Problem pa je v tem, da je meso z večjo vsebnostjo VNMK bolj podvrženo oksidacijskim spremembam, ki vodijo do zmanjšanja kakovosti mesa, tvorbe škodljivih produktov, razvoja žarkosti in neprijetnega vonja, kar tudi zmanjša sprejemljivost takega mesa porabnikom. Iz tega razloga je potrebno v krmo dodajati več antioksidantov, ki ščitijo VNMK pred lipidno peroksidacijo.

Glavni namen naše naloge je bil ugotoviti kako dodatek naravnega in sintetičnega vitamina E v krmi, obogateni s VNMK, vpliva na maščobnokislinsko sestavo in oksidacijsko stabilnost svežega in kuhanega piščančjega mesa. Pričakovali smo, da bo dodatek vitamina E izboljšal maščobnokislinsko sestavo in oksidacijsko stabilnost svežega in kuhanega piščančjega mesa.

V prehranski poskus je bilo vključenih 50 piščancev moškega spola. Živali so bile naseljene v individualne kletke, kjer so imele stalen dostop do krme in vode. Živali so bile razdeljene na 5 skupin po 10 živali. Negativna kontrolna skupina (NK17) je dobivala krmo z velikim deležem nasičenih maščobnih kislin (palmova mast) in 17 IE vitamina E/kg. Poskusne skupine so dobivale krmo z velikim deležem VNMK (laneno olje) in naslednjimi koncentracijami vitamina E v različnih oblikah: 17 IE/kg skupina PK17, 85 IE/kg skupina RRR85, 85 IE/kg skupina DL85 in 207 IE/kg skupina DL200. Skupina RRR85 je v krmo dobivala dodatek naravnega vitamina E, skupini DL85 in DL200 pa dodatek sintetičnega. Vzorce smo pripravili iz piščančjih prsi brez kože, in sicer smo naredili dva tipa vzorcev. Prvi so nam predstavljali sveže meso, drugi pa kuhano meso. Za prvi tip vzorcev smo piščančje prsi po zakolu homogenizirali v tekočem dušiku. Po homogenizaciji smo takoj določili vsebnost MDA. Za drugi tip vzorcev smo meso najprej kuhali 1 uro pri 85 °C ter kuhano meso shranili v hladilniku pri 4 °C za 6 dni. Po šestih dneh smo kuhano meso homogenizirali v tekočem dušiku ter določili vsebnost MDA. Tako pripravljene sveže in kuhane vzorce mesa smo shranili v zamrzovalnik na -70 °C ter kasneje opravili analizo maščobnokislinske sestave.

Rezultati našega poskusa kažejo, da dodatek naravnega in sintetičnega vitamina E ni vplival na maščobnokislinsko sestavo svežega in kuhanega piščančjega mesa. Velik vpliv na maščobnokislinsko sestavo pa je imelo laneno olje. Vse skupine piščancev, ki so v krmi prejemale laneno olje so imele ugodnejšo (izboljšano) maščobnokislinsko sestavo mesa (manj nezaželenih NMK ter več zaželenih VNMK).

Razmerje med n-6/n-3 VNMK je ugodno pri vseh skupinah, še posebej pa pri skupinah, ki so v krmi prejemale laneno olje. Meso vseh skupin ima lastnost funkcionalnega živila, saj izboljšuje razmerje med n-6/n-3 VNMK.

Dodatek naravnega in sintetičnega vitamina E izboljša oksidacijsko stabilnost svežega in kuhanega piščančjega mesa. Obseg lipidne peroksidacije, merjen kot koncentracija MDA, je bil v krmi z lanenim oljem (PK17) statistično značilno večji kot v krmi s palmovo mastjo (NK17). Medtem ko v svežem mesu vsi trije dodatki vitamina E (pri skupinah RRR85, DL85 in DL200) statistično značilno zmanjšajo obseg lipidne peroksidacije, pa sta v kuhanem mesu učinkovita le dodatka pri skupinah DL85 in DL200. Kot najbolj učinkovit dodatek se je v svežem mesu pokazal dodatek pri skupini DL200, v kuhanem mesu pa dodatek pri skupinama DL85 in DL200, saj je uspel zmanjšati količino MDA na raven skupine NK17.

## 7 VIRI

- Ajuyah A.O., Hardin R.T., Sim J.S. 1993a. Effect of dietary full-fat flax seed with and without antioxidant on the fatty acid composition of major lipid classes of chicken meats. *Poultry Science*, 77: 912-920
- Ajuyah A.O., Hardin R.T., Sim J.S. 1993b. Dietary antioxidant and storage affect chemical characteristics of  $\omega$ -3 fatty acid enriched broiler chicken meats. *Journal of Food Science*, 53: 1072-1075
- Allard J.P., Kurian R., Aghdassi E., Muggli R., Royall D. 1997. Lipid peroxidation during n-3 fatty acid and vitamin E supplementation in humans. *Lipids*, 32, 5: 535-541
- Anwar K., Iqbal J., Hussain M.M. 2007. Mechanisms involved in vitamin E transport by primary enterocytes and in vivo absorption. *Journal of Lipid Research*, 48: 2028-2038
- Aruoma O.I. 1998. Free radicals, oxidative stress, and antioxidants in human health and disease. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75, 2: 199-212
- Baur J.F. 1995. Nutritional aspects of oils and fats. V: Food Oils and Fats. Lawson H. (ed.). London, Chapman & Hall: 203-280
- Beare-Rogers J., Dieffenbacher A., Holm J.V. 2001. Lexicon of lipid nutrition (IUPAC technical report). *Pure and Applied Chemistry*, 73, 4: 685-744
- Benedich A., Deckerbaum R.J. 1997. Preventive nutrition. Totawa, New Jersey, Humane Press: 153-169
- Bertelsen G., Jacobsen M., Juncher D., Moller J., Kroger-Ohlsen M., Weber C. 2000. Oxidation, shelf-life and stability of meat and meat products. V: Proceedings of the 46th Internaional Congress, Meat Science and Technology: 516-524
- Botsoglou N.A., Fletouris D.J., Papageorgiou G.E., Vassilopoulos V.N., Mantis A.J., Trakatellis A.G. 1994. Rapid, sensitive, and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food, and feedstuff samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42: 1931-1937
- Botsoglou N.A., Christaki E., Fletouris D.J., Florou-Paneri P., Spais A.B. 2001. The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. *Meat Science*, 62: 259-265
- Botsoglou N.A., Fletouris D.J., Florou-Paneri P., Christaki E., Spais A.B. 2003. Inhibition of lipid oxidation in long-term frozen stored chicken meat by dietary oregano essential oil and  $\alpha$  – tocopheryl acetate supplementation. *Food Research International*, 36: 207-213
- Brenes A., Viveros A., Goñi I., Centeno C., Sáyago-Ayerdy S.G., Arija I., Saura-Calixto F. 2008. Effect of grape pomace concentrate and vitamin E on digestibility of polyphenols and antioxidant activity in chickens. *Poultry Science*, 87: 307-316



- Cantor A.H., Decker E.A. Collins V.P. 2007. Fatty acids in poultry and egg products. V: Fatty acids in foods and their health implications. Chow C.K. (ed.). Lexington, Kentucky, USA, University of Kentucky, Departments of Nutrition and Food Science: 127-138
- Cortinas L., Barroeta A., Villaverde C., Galobart J., Guardiola F., Baucells M.D. 2005. Influence of the dietary polyunsaturation level on chicken meat quality: Lipid oxidation. Poultry Science, 84: 48-55
- Cortinas L., Villaverde C., Galobart J., Baucells M.D., Codony R., Barroeta A. 2004. Fatty acid content in chicken thigh and breast as affected by dietary polyunsaturation level. Poultry Science, 83: 1155-1164
- Esterbauer H. 1993. Cytotoxicity and genotoxicity of lipid oxidation products. American Society for Clinical Nutrition, 57: 779-786
- Fasseas M.K., Mountzouris K.C., Tarantilis P.A., Polissiou M., Zervas G. 2007. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. Food Chemistry, 106: 1188-1194
- Fennema O.R. 1997. Food chemistry. New York, Marcel Dekker: 906-907
- Flachowsky G., Rosenbauer H., Berk A., Vemmer H., Daenicke R. 2000. Transfer of vitamin E supplements from feed into pig tissues. V: Quality of meat and fat in pigs as affected by genetics and nutrition. Wageningen, Wageningen Pers: 233-235
- Frankič T., Salobir J. 2007. Antioksidanti v prehrani živali: pomen za živali in poravnike. V: Zbornik predavanj 16. posvetovanja o prehrani domačih živali »Zdravčevi-Erjavčevi dnevi«, Radenci, 8-9 nov. 2007. Murska Sobota, Kmetijsko gozdarski zavod: 27-40
- Gill B.P., McCone S., Onibi G.E., Peatfield S., Gall K. 1995. Effect of inclusion rate and withdrawal of full-fat rapeseed on the performance and carcass fatty acid profile of finishing pigs. Animal Science, 60: 520 str.
- Golob T., Stibilj V., Žlender B., Doberšek U., Jamnik M., Polak T., Salobir J., Čandek-Potokar M. 2006. Slovenske prehranske tabele – meso in mesni izdelki. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 148-149
- Goñi I., Brenes A., Centeno C., Viveros A., Saura-Calixto F., Rebolé A., Arija I., Estevez R. 2007. Effect of dietary grape pomace and vitamin E on growth performance, nutrient digestibility, and susceptibility to meat lipid oxidation in chickens. Poultry Science, 86: 508-516
- Gordon G., Bey H.J. 2005. Islandski čudež Omega-3: islandska skrivnost dolgega življenja, ki varuje pred boleznimi srca, rakom, sladkorno boleznijo, artritisom, prezgodnjim staranjem in nevarnimi vnetji. Ljubljana, ARA založba: 33-74

- Govaris A., Botsoglou E., Florou-Paneri P., Moulas A., Papageorgiou G. 2005. Dietary supplementation of oregano essential oil and  $\alpha$ -tocopheryl acetate on microbial growth and lipid oxidation of turkey breast fillets during storage. *International Journal of Poultry Science*, 12, 4: 969-975
- Hoppe P.P., Krennrich G. 2000. Bioavailability and potency of natural-source and all-racemic  $\alpha$ -tocopherol in the human: a dispute. *European Journal of Nutrition*, 39, 5: 183-193
- Hotchkiss J.H., Parker R.S. 1990. Toxic compounds produced during cooking and meat processing. V: Meat and health. *Advances in Meat Research*. Pearson A.M., Dutson T.R. (eds.). London, Elsevier Applied Science, 6: 105-134
- IUPAC nomenklatura organskih spojin. 1984. Stanovnik B. (ur.). Ljubljana, DZS: 454 str.
- Jensen C., Lauridsen C., Bertelsen G. 1998. Dietary vitamin E: Quality and storage stability of pork and poultry. *Trends in Food Science & Technology*, 9: 62-72
- Koman-Rajšp M., Stibilj V. 1998. Maščobnokislinska sestava jajc. *Sodobno kmetijstvo*, 31, 5: 248-252
- Lichtenstein A.H. 1995. Trans fatty acids and hydrogenated fat – what do we know. *Nutrition Today*, 30: 102-107
- Lin C.F., Gray J.I., Ashgar A., Buckley D.J., Booren A.M., Flegal C. 1989. Effects of dietary oils and  $\alpha$ -tocopherol supplementation on lipid composition and stability of broiler meat. *Journal of Food Science*, 54: 1457-1460
- Lobb K. 1992. Fatty acid classification and nomenclature. V: Fatty acids in food and their health implications. Chow C.K. (ed.). New York, Marcel Dekker: 1-16
- López-Ferrer S., Baucells M.D., Barroeta A.C., Grashorn M.A. 2001. N-3 enrichment of chicken meat: Use of very long-chain fatty acid in chicken diets and their influence on meat quality. *Poultry Science*, 80: 741-752
- Marcinčák S., Cabadaj R., Popelka P., Šoltysová. 2008. Antioxidative effect of oregano supplemented to broilers on oxidative stability of poultry meat. *Slovenian veterinary research*, 45, 2: 61-66
- McDonald P., Edwards R.A., Greenhalgh J.F.D., Morgan C.A. 1995. *Animal nutrition*. 5th edition. New York, Longman scientific & technical: 607 str.
- McDowell L.R. 1989. Vitamins in animal nutrition-comparative aspects to human nutrition. V: Vitamin A and E. McDowell L.R. (ed.) London, Academic Press: 10-52, 93-131
- Muggli R. 1994. Physiological requirement of vitamin E as a function of the amount of type of polyunsaturated fatty acids. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 75: 166-168

- Myers S.J., Harris N.D. 1975. Effect of electronic cooking on fatty acid in meats. *Journal of the American Dietetic Association*, 67: 232-234
- Nelson D.L., Cox M.M. 2000. *Lehninger principles of biochemistry*. 3rd edition. New York, Worth publisher: 363-388
- Niedernhofer L.J., Daniels J.S., Rouzer C.A., Greene R.E., Marnett L.J. 2003. Malondialdehyde, a product of lipid peroxidation, is mutagenic in human cells. *The Journal of Biological Chemistry*, 278, 33: 31426-31433
- Nielsen B. 2008. Polyphenolics and Vitamin E. *Feed Magazine*, 3-4: 28-30
- 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
- Proteggente A.R., Turner R., Majewicz J., Rimbach G., Minihane A.M., Krämer K., Lodge J.K. 2005. Human nutrition and metabolism. *The Journal of Nutrition*, 135: 1063-1069
- Referenčne vrednosti za vnos hranil. 2004. 1. izdaja. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje: 215 str.
- Ross 308 Broiler: Nutrition specification. 2007. ROSS.  
<http://www.aviagen.com/docs/Ross%20308%20Broiler%20Nutrition%20Spec.pdf> (27. avg. 2009)
- Salobir K. 2001. Prehransko fiziološka funkcionalnost maščob. V: *Funkcionalna hrana*. 21. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 8-9 nov. 2001. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 121-136
- Salobir J., Salobir K. 2002. Prehrana živali kot način spreminjanja živalskih proizvodov v funkcionalna živila. V: *Zbornik predavanj 12. posvetovanja o prehrani domačih živali »Zdravčevi-Erjavčevi dnevi«*. Murska Sobota, Kmetijsko gozdarski zavod: 12-32
- SAS Inst. Inc. 2001. *The SAS System for Windows, Version 8.2*, SAS Institute, Cary, NC
- Skvarča M. 2000. Zdravstveni vidiki razgradnje maščob med skladiščenjem in pripravo mesa. V: *Meso in mesnine za kakovostno prehrano*. Portorož 10-11 feb. 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 136-151
- Souci S.W., Eachmann W., Kraut H. 1994. *Food composition and nutrition tables*. 5th edition. Stuttgart, Wissenschaftliche, Verlagsgesellschaft: 1091 str.
- Southgate, D.A.T. 1997. Demand for healthful meat, poultry and fish products. V: *Production and Processing of Healthy Meat, Poultry and Fish Products*. London, Blackie Academic & Professional: 1-31
- WHO (World Health Organization). 2003. *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*. Geneva, WHO Technical Report Series, 916: 38 str.

Wood J.D., Enser M., Richardson R.I., Whittington F.M. 2007. Fatty acids in meat and meat products. V: Fatty acids in foods and their health implications. Chow C.K. (ed.). Lexington, Kentucky, USA, University of Kentucky, Departments of Nutrition and Food Science: 87-108

Žlender B. 1995. Zmrzovanje mesa. V: Podaljšanje obstojnosti živil. 17. Bitenčevi dnevi, Ljubljana, 8-10 jun. 1995. Ljubljana, Biotehnična fakulteta, Oddelek za živilstvo: 25-35

## **ZAHVALA**

Mentorju prof. dr. Janezu Salobirju se iskreno zahvaljujem za strokovno vodenje in pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Za vsestransko pomoč, somentorstvo pri opravljanju diplomskega dela in vzpodbudne besede se toplo zahvaljujem as. Dr. Alenki Levart.

Univ. dipl. inž. zoot. Mojci Voljč se iskreno zahvaljujem za vso pomoč, prijaznost, koristne napotke in pomoč pri pridobivanju literature.

Doc. dr. Tatjani Pirman gre zahvala za recenzijo diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi celotni ekipi kemijskega laboratorija Katedre za prehrano, še posebej tehnični sodelavki Anici Mušič za koristne nasvete in prijazno pomoč pri izvedbi analize.

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Tanja TRAVNIKAR

**VPLIV NARAVNEGA IN SINTETIČNEGA VITAMINA  
E NA OKSIDACIJSKO STABILNOST PIŠČANČJEGA  
MESA**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2009