

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Lenka GLAVIČ

**VPLIVI NA NASTANEK *TRANS* MAŠČOBNIH  
KISLIN V OCVRTEM KROMPIRČKU**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2011

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Lenka GLAVIČ

**VPLIVI NA NASTANEK *TRANS* MAŠČOBNIH KISLIN V OCVRTEM  
KROMPIRČKU**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**EFFECTS ON THE FORMATION OF *TRANS* FATTY ACIDS IN  
POTATO FRIES**

GRADUATION THESIS  
University study

Ljubljana, 2011

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija živilske tehnologije. Kemijske analize so bile opravljene v laboratorijih Katedre za tehnologije, prehrano in vino ter Katedre za tehnologijo mesa in vrednotenje živil, Oddelka za živilstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani. Vzorci ocvrtega krompirčka so bili pripravljani v laboratorijski kuhinji Pekarne Pečjak v Trzinu.

Za mentorja diplomskega dela je imenovan prof. dr. Rajko Vidrih ter za recenzentko prof. dr. Lea Gašperlin.

Mentor: prof. dr. Rajko Vidrih

Recenzentka: prof. dr. Lea Gašperlin

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Lenka Glavič

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)**

ŠD	Dn
DK	UDK 641.522.2:664.34:633.491:543.635.3(093)=163.6
KG	toplotna obdelava / cvrenje /ocvrt krompir / sončnično olje / lipidi / maščobne kisline / <i>trans</i> maščobne kisline / absorpcija maščobe / antioksidanti / naravni antioksidanti / ekstrakt rožmarina / lutein
AV	GLAVIČ, Lenka
SA	VIDRIH, Rajko (mentor)/ GAŠPERLIN, Lea (recenzentka)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI	2011
IN	VPLIVI NA NASTANEK <i>TRANS</i> MAŠČOBNIH KISLIN V OCVRTEM KROMPIRČKU
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XI, 60 str., 22 pregl., 4 sl., 1 pril., 52 vir.
IJ	SL
JI	sl/en
AI	Namen diplomskega dela je bil preučiti vpliv dodatka naravnih antioksidantov na nastanek <i>trans</i> maščobnih kislin med toplotno obdelavo olja pri pripravi ocvrtega krompirčka. Ekstrakt rožmarina (»Inolens 4 <sup>®</sup> «) in lutein (»NovaSoL <sup>®</sup> Lutein«) smo v različnih koncentracijah dodali kot naravne antioksidante v vzorce sončničnega olja, ki smo ga segrevali 120 ur in v njemu vsakih 24 ur ocvrli krompirček. Kot kontrolni vzorec smo uporabili krompirček ocvrt v olju brez dodanega antioksidanta. Vzorce krompirčka smo nato shranili pri -20 °C do nadaljnjih analiz. Analizirali smo maščobno kislinsko sestavo ocvrtega krompirčka, določili vsebnost <i>trans</i> izomere oleinske kisline, določili vsebnost skupnih maščob ter določili spreminjanje vsebnosti maščobe glede na čas in število cvrenj. Vsebnost maščobnih kislin (MK) smo določili s plinsko kromatografijo ob predhodni metilaciji maščobnih kislin ter ločitvi na frakcije z uporabo Ag-Ion SPE. Delež elaidinske kisline ( <i>trans</i> izomere oleinske kisline) v ocvrtem krompirčku je ostal nespremenjen, ne glede na dodatek antioksidantov v različnih koncentracijah v do 120 ur rabljenem sončničnem olju. V ocvrtem krompirčku se je s časom segrevanja olja povečeval delež nasičenih maščobnih kislin in oleinske kisline, medtem ko se je delež linolne kisline zmanjševal. Pri določanju absorpcije maščobe v krompirček pa smo prišli do zaključka, da se je delež le-te s časom in številom cvrenj povečeval.

**KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)**

DN Dn  
DC UDC 641.522.2:664.34:633.491:543.635.3(093)=163.6  
CX heat treatment / frying / potato fries / sunflower oil / lipids / fatty acids / trans fatty acids / fat absorption / antioxidants / natural antioxidants / rosemary extract / lutein  
AU GLAVIČ, Lenka  
AA VIDRIH, Rajko (supervisor)/ GAŠPERLIN, Lea (reviewer)  
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology  
PY 2011  
TI EFFECTS ON THE FORMATION OF *TRANS* FATTY ACIDS IN POTATO FRIES  
DT Graduation Thesis ( University studies)  
NO XI, 60 p., 22 tab., 4 fig., 1 ann., 52 ref.  
LA SL  
AL sl/en  
AB The aim of the graduation thesis was to examine the effect of the addition of natural antioxidants on the formation of *trans* fatty acids in potato fries during heat treatment of oil. Rosemary extract (»Inolens 4<sup>®</sup>«) and lutein (»NovaSoL<sup>®</sup> Lutein«) were added to sunflower oil each in three different concentrations. Samples were then heated for 120 hours, potato was fried once in every 24 hours. For the control sample we used potatoes which were fried in oil without added antioxidants. The fried samples were stored at -20 °C for further analysis. In fried potato the fatty acid composition, the content of *trans* isomer of oleic acid and total fat content were examined. Fatty acids were determined by gas chromatography following previous methylation and fractionation by means of Ag-Ion SPE. The addition of antioxidants has no typical inhibitory effect on the formation of elaidic acid (the *trans* isomer of oleic acid) in potato fries, while heating the oil up to 120 hours. During heating, the ratio of saturated fatty acids and oleic acid in potato fries had increased, while the ratio of linoleic acid decreased. The content of total fat in potato fries had increased with time and numbers of frying.

## KAZALO

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI).....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD).....	IV
KAZALO.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
KAZALO SLIK.....	IX
KAZALO PRILOG.....	X
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI.....	XI
<b>1 UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1 NAMEN DIPLOMSKEGA DELA.....	2
1.2 DELOVNE HIPOTEZE.....	2
<b>2 PREGLED OBJAV.....</b>	<b>3</b>
2.1 MAŠČOBE.....	3
2.2 MAŠČOBNE KISLINE.....	3
<b>2.2.1 Nasičene in nenasičene maščobne kisline.....</b>	<b>4</b>
2.3 MAŠČOBE V PREHRANI.....	6
<b>2.3.1 Fiziološki učinek maščobnih kislin.....</b>	<b>7</b>
2.4 <i>TRANS</i> MAŠČOBNE KISLINE.....	8
<b>2.4.1 <i>Trans</i> maščobne kisline v živilih.....</b>	<b>9</b>
<b>2.4.2 <i>Trans</i> maščobne kisline in vpliv na zdravje.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4.3 Nastajanje <i>trans</i> maščobnih kislin med cvrenjem.....</b>	<b>11</b>
2.4.3.1 Hidrogenacija maščob in olj.....	12
<b>2.4.4 Določanje <i>trans</i> maščobnih kislin.....</b>	<b>12</b>
2.5 CVRENJE.....	14
<b>2.5.1 Spremembe maščob med cvrenjem.....</b>	<b>14</b>
2.5.1.1 Kemijske spremembe maščob med cvrenjem.....	15
<b>2.5.2 Cvrenje živil.....</b>	<b>17</b>
<b>2.5.3 Absorpcija maščobe.....</b>	<b>18</b>
<b>2.5.4 Pomen za zdravje.....</b>	<b>20</b>
2.6 KROMPIR.....	20
<b>2.6.1 Priprava ocrtega krompirčka.....</b>	<b>21</b>
2.7 ANTIOKSIDANTI.....	23
<b>2.7.1 Delovanje antioksidantov.....</b>	<b>23</b>
<b>2.7.2 Delitev antioksidantov.....</b>	<b>24</b>
2.7.2.1 Naravni antioksidanti.....	24
<b>2.7.3 Antioksidanti in maščobe za cvrenje.....</b>	<b>26</b>
<b>2.7.4 Antioksidativna aktivnost krompirja.....</b>	<b>27</b>
<b>3 MATERIAL IN METODE.....</b>	<b>28</b>
3.1 MATERIAL ZA POSKUS.....	28
<b>3.1.1 Medij in živilo za cvrenje.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.2 Priprava vzorcev in dodani antioskidanti.....</b>	<b>28</b>
3.2 DOLOČANJE VSEBNOSTI MAŠČOBNIH KISLIN.....	29
<b>3.2.1 Določanje maščobnih kislin kot metilnih estrov.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.2 Frakcioniranje metilnih estrov maščobnih kislin z Ag-Ion SPE.....</b>	<b>30</b>
3.3 DOLOČANJE VSEBNOSTI MAŠČOBE.....	33

<b>3.3.1</b>	<b>Razklop (hidroliza)</b> .....	<b>33</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Ekstrakcija</b> .....	<b>34</b>
3.4	STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV .....	34
<b>4</b>	<b>REZULTATI</b> .....	<b>36</b>
4.1	REZULTATI DOLOČANJA MAŠČOBE.....	36
4.2	REZULTATI DOLOČANJA MAŠČOBNO KISLINSKE SESTAVE OCVRTEGA KROMPIRČKA .....	37
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI</b> .....	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>POVZETEK</b> .....	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>VIRI</b> .....	<b>56</b>
	<b>ZAHVALA</b>	
	<b>PRILOGE</b>	

**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Pregled pomembnejših maščobnih kislin (Salobir, 2001).....	5
Preglednica 2: Prehranska priporočila dnevnega vnosa za količino maščob za osebe starejše od 25 let (Hlastan Ribič, 2010).....	8
Preglednica 3: Vsebnosti <i>trans</i> maščobnih kislin v nekaterih živilih (Sadler, 2005).....	10
Preglednica 4: Analitične metode za določanje <i>trans</i> maščobnih kislin (Sadler, 2005) .....	13
Preglednica 5: Hlapni in nehlapni produkti razgradnje v oljih za cvrenje (Varela in sod., 1988).....	15
Preglednica 6: Primerjava maščobnokislinske sestave in fizikalno kemijskih lastnosti repičnega in sončničnega olja (Hren in Martinčič, 2002): .....	22
Preglednica 7: Povprečna hranilna vrednost različno pripravljene krompirja (Souci in sod., 2008) .....	23
Preglednica 8: Glavne skupine naravnih antioksidantov (Raspor in sod., 2000):.....	25
Preglednica 9: Pregled vzorcev ter dodanih antioksidantov.....	28
Preglednica 10: Vsebnost skupne maščobe ocvrtega krompirčka (%) v svežem in rabljenem sončničnem olju.....	36
Preglednica 11: Viri variabilnosti in statistične značilnosti njihovega vpliva na posamezne maščobne kisline .....	37
Preglednica 12: Maščobno kislinska sestava krompirja (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na sveže ali rabljeno olje brez dodanega antioksidanta (K) .....	38
Preglednica 13: Maščobno kislinska sestava krompirja (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na sveže ali rabljeno olje z dodatkom antioksidanta lutein (c= 0,1 g/L) .....	39
Preglednica 14: Maščobno kislinska sestava krompirja (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na sveže ali rabljeno olje z dodatkom antioksidanta lutein (c= 0,2 g/L) .....	40
Preglednica 15: Maščobno kislinska sestava krompirja (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na sveže ali rabljeno olje z dodatkom antioksidanta lutein (c= 0,5 g/L) .....	41
Preglednica 16: Maščobno kislinska sestava krompirja (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na sveže ali rabljeno olje z dodatkom ekstrakta rožmarina (c= 2 g/L) .....	42
Preglednica 17: Maščobno kislinska sestava krompirja (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na sveže ali rabljeno olje z dodatkom ekstrakta rožmarina (c= 4 g/L) .....	43
Preglednica 18: Maščobnokislinska sestava krompirja (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na sveže ali rabljeno olje z dodatkom ekstrakta rožmarina (c= 10 g/L) .....	44
Preglednica 19: Maščobno kislinska sestava krompirčka (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na dodan antioksidant pred začetkom segrevanjem .....	45
Preglednica 20: Maščobno kislinska sestava krompirčka (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na dodan antioksidant po 48 urah segrevanja sončničnega olja .....	46
Preglednica 21: Maščobno kislinska sestava krompirčka (g/100g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na dodan antioksidant po 120 urah segrevanja sončničnega olja ...	47



Preglednica 22: Primerjava vsebnosti nekaterih maščobnih kislin (g/100 g MK) v sončničnem olju (Potočnik, 2011) in ocvrtem krompirčku pri kontrolnem vzorcu (brez dodatka antioksidanta).....	51
---	----

## KAZALO SLIK

Slika 1: Strukturne formule nekaterih maščobnih kislin (Salobir, 2000).....	6
Slika 2: Oleinska kislina in njena <i>trans</i> izomera – elaidinska kislina (Sadler, 2005).....	9
Slika 3: Značilni deli ocvrtega živila – skorja, srednji in notranji sloj (Varela in sod., 1988) .....	18
Slika 4: Primer frakcioniranja na AG-Ion SPE (Supelco, 2006).....	32

## **KAZALO PRILOG**

Priloga A: Specifikacija proizvajalca maščobno kislinske sestave olja

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Ag	srebro
C	ogljik
C16:0	palmitinska kislina
C18:0	stearinska kislina
C20:0	eikozanojska kislina
C18:1	oleinska kislina
C18:2	linolna kislina
C18:1T	elaidinska kislina
EnMK	enkrat nenasičena maščobna kislina
GC	gas chromatography (plinska kromatografija)
HDL	high density lipoprotein (lipoproteini visoke gostote)
K	kontrolni vzorec
LDL	low density lipoprotein (lipoproteini nizke gostote)
LUT	dodatek luteina
MEMK	metilni ester maščobne kisline
MK	maščobna kislina
n-3	omega 3 maščobna kislina
n-6	omega 6 maščobna kislina
NMK	nasičena maščobna kislina
<i>p</i>	stopnje tveganja pri statističnem sklepanju
ROŽ	dodatek ekstrakta rožmarina
SPE	solid phase extraction (ekstrakcija na trdni fazi)
TMK	<i>trans</i> maščobna kislina
VnMK	večkrat nenasičena maščobna kislina

## 1 UVOD

Na splošno velja, da je pri cvrtju maščoba izpostavljena visokim temperaturam, pri katerih pride do oksidacije in nastanka določenih razgradnih produktov, ki so pri prekomernem uživanju ocvrte hrane lahko škodljivi zdravju. Nastanek razgradnih produktov je odvisen od vrste in temperature olja, velikosti, oblike, teksture izdelka ter časa cvrenja.

*Trans* maščobne kisline (TMK), ki nastanejo med toplotno obdelavo živila (cvrenje, pečenje) so zdravju škodljive, saj povzročajo kardiovaskularne bolezni, sladkorno bolezen, debelost itd. Nastanek *trans* maščobnih kislin se povečuje s povišanjem temperature olja, časom izpostavljanja visokim temperaturam in z izpostavljenostjo zraku in svetlobi.

Z zelo redkimi izjemami se v naravi nahajajo samo *cis* nenasičene maščobne kisline. Pri vsaki obdelavi maščob s kemijskimi ali fizikalnimi postopki (hidrogenacija, toplotna obdelava...) se geometrijska izomera lahko pretvori v *trans* obliko, s tem pa se spremenijo tudi njene fizikalno kemijske in fiziološke lastnosti. Med hidrogenacijo nenasičenih maščobnih kislin nastajajo delno hidrogenirana olja, ki so oksidativno stabilnejša in imajo spremenjene, izboljšane fizikalne lastnosti (Sadler, 2005). Zato so tehnološki postopki hidrogenacije nenasičenih maščobnih kislin v živilsko-predelovalni industriji zelo razširjeni. Šele v zadnjih dvajsetih letih so različne epidemiološke in klinične študije začele dokazovati, da so *trans* maščobne kisline zdravju škodljive. Teh negativnih lastnosti je veliko in se kažejo na različne načine, zato poskušamo zmanjšati oz. omejiti njihovo uživanje (Chopra in Panesar, 2010).

Spremembe kvalitete olja med cvrenjem so pomembne, ker se skupaj z ocvrto hrano vnaša maščoba v organizem in vpliva na naše zdravje. Prepletajo se spremembe v maščobi in živilu ter vplivajo na fizikalno kemijsko, senzorično, prehransko in hranilno kakovost ocvrtega izdelka (Skvarča, 1996). Za cvrenje lahko uporabljamo maščobe rastlinskega in živalskega izvora, vendar se najpogosteje uporabljajo rastlinska olja. S tehnološkega in prehranskega vidika so najprimernejša olja z visoko vsebnostjo enkrat nenasičenih maščobnih kislin.

Zelo pomembna za kakovost ocvrtega živila je količina absorbirane maščobe, ki se nahaja predvsem v zunanem sloju živila. V postopku cvrenja maščoba izpodriva vodo iz površine živila in tvori skorjo, nato sledi penetracija maščobe v zunanji sloj, kjer zavzame prostor celične vode, notranjost pa se skuha (Beckett, 1995).

Antioksidativne aktivne snovi v živilih varujejo hrano pred oksidacijskim kvarjenjem, ki pomeni izgubljanje hranilne vrednosti, prehranske vrednosti, barve, vonja in okusa. V živilu so to lahko izvorne ali dodane snovi, naravne ali sintetične (Salobir, 2000). Antioksidanti naj bi zmanjšali nastanek TMK kar bomo z dodatkom naravnih antioksidantov (lutein in ekstrakt rožmarina) poskušali dokazati.

## 1.1 NAMEN DIPLOMSKEGA DELA

Želimo določiti vpliv časa segrevanja olja in vpliv dodanih naravnih antioksidantov (ekstrakt rožmarina in lutein) v olje za cvrenje na nastanek *trans* maščobnih kislin in na maščobno kislinsko sestavo v vzorcih ocvrtega krompirja. Z dodatkom naravnih antioksidantov želimo zmanjšati oziroma preprečiti nastanek *trans* maščobnih kislin ter podaljšati obstojnost olja za cvrenje. V ocvrtem krompirčku želimo tudi določiti vsebnost maščob in njeno spreminjanje s časom.

## 1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Pričakujemo, da bo s podaljševanjem časa toplotne obdelave olja naraščala vsebnost TMK v ocvrtem krompirčku. Dodatek naravnih antioksidantov (ekstrakt rožmarina, lutein) naj bi zmanjšal nastanek TMK med toplotno obdelavo in izboljšal maščobno kislinsko sestavo ocvrtega krompirčka. Pričakujemo tudi, da bo absorpcija maščobe v krompirčku naraščala s številom cvrenj in s časom toplotne obdelave olja, v katerem smo pripravili ocvrt krompirček.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 MAŠČOBE

Lipidi so velika in raznolika skupina v naravi prisotnih bioloških molekul, ki igra zelo pomembno vlogo v celici. V vodi se ne topijo, so pa dobro topni v nepolarnih organskih topilih, kot so eter, kloroform in benzen (Chopra in Panesar, 2010).

Lipidi so glavna sestavina bioloških membran, ki ločijo celico od zunanjega sveta. Nahajajo se v vseh živih organizmih, so glavni vir energije celice, shranjeni so v celicah rastlin in živali zato, da jih organizem uporabi kot osnovo pri nastajanju membran in drugih snovi (Klofutar, 1992).

Poznamo dva glavna tipa lipidov, in sicer (Chopra in Panesar, 2010):

- enostavni lipidi, kot je holesterol, in ostali steroidi, ki nimajo estrske povezave in jih ne moremo hidrolizirati, ter
- kompleksni lipidi, kamor spadajo masti, olja, voski itd., ki imajo estrsko povezavo. Te estrske povezave lahko hidroliziramo, da dobimo manjše molekule.

Lipide pa delimo tudi v sledeče skupine (Kirschenbauer, 1960):

- enostavni lipidi: maščobe, voski,
- sestavljeni lipidi: fosfolipidi, glikolipidi, aminolipidi, sulfolipidi,
- derivati lipidov: maščobne kisline, maščobni alkoholi, aldehidi, steroli, itd.

Glede na agregatno stanje pa maščobe delimo na masti in olja, pri čemer je njihovo agregatno stanje odvisno od nasičenosti in vrste maščobnih kislin. Masti so pri sobni temperaturi v trdnem, olja pa v tekočem agregatnem stanju (Filip in Vidrih, 2010).

Najbolj preprosti in najbolj pogosti naravni lipidi so triacilgliceroli, ki jih pogosto imenujemo maščobe, nevtralne maščobe ali trigliceridi (Klofutar, 1992). Kemijsko so maščobe estri glicerola in maščobnih kislin (Filip in Vidrih, 2010). Z odcepom ene ali dveh maščobnih kislin od glicerola dobimo mono oz. diacilglicerole.

Med naravnimi triacilgliceroli ni strukturnih razlik. Če je pri sobni temperaturi (25 °C) triacilglicerol trden, se imenuje mast (surovo maslo, loj, svinjska mast...), če pa je pri isti temperaturi tekoč, ga imenujemo olje (sončnično olje, oljčno olje, sojino olje,...). Masti so pretežno živalskega izvora, olja pa rastlinskega (Krečič-Stres, 2008).

### 2.2 MAŠČOBNE KISLINE

Značilna komponenta mnogih lipidov so maščobne kisline. Maščobne kisline vsebujejo dolgo alkilno verigo, ki vsebuje štiri do štiriindvajset ogljikovih atomov. Molekula maščobne kisline vsebuje eno samo polarno skupino (karboksilno skupino) in dolgo nepolarno alkilno verigo. Zaradi take strukture so maščobne kisline netopne v vodi. V

celicah se ne nahajajo proste, ampak so vedno kovalentno vezane na glicerol – tracicilgliceroli (Klofutar, 1992).

Kislina se med seboj ločijo v dolžini alkilne skupine in v legi dvojne vezi. Vse naravne maščobne kisline vsebujejo sodo število ogljikovih atomov. Najbolj pogosto v naravi najdemo kisline s šestnajstimi ali osemnajstimi ogljikovimi atomi (Klofutar, 1992).

### 2.2.1 Nasičene in nenasičene maščobne kisline

Alkilna veriga je lahko popolnoma nasičena, tj. vsebuje samo enojne vezi, ali pa je nenasičena in vsebuje eno ali več dvojnih vezi. V splošnem so nenasičene kisline dvakrat bolj pogosto zastopane kot nasičene kisline. V večini nenasičenih kislinah je dvojna vez med devetim in desetim ogljikovim atomom ( $\Delta^9$ ). Če pa vsebuje molekula maščobne kisline več dvojnih vezi potem se te nahajajo med  $\Delta^9$  dvojno vezjo in končno metilno skupino. Kadar je v alkilni verigi več dvojnih vezi, te niso konjugirane, ampak so ločene z metilensko skupino. Dvojne vezi so v t.i. *cis*-konfiguracijski obliki, kar povzroči na mestu dvojne vezi pregib. Maščobne kisline z več dvojnimi vezmi imajo tudi ustrezno število pregibov. Tako ima npr. arahidonska kislina, ki vsebuje štiri dvojne vezi štiri pregibe in je zato sorazmerno toga v primerjavi z nasičenimi maščobnimi kisljinami, katere lahko zaradi proste rotacije okoli C-C vezi nastopajo v več konfiguracijskih oblikah (Klofutar, 1992).

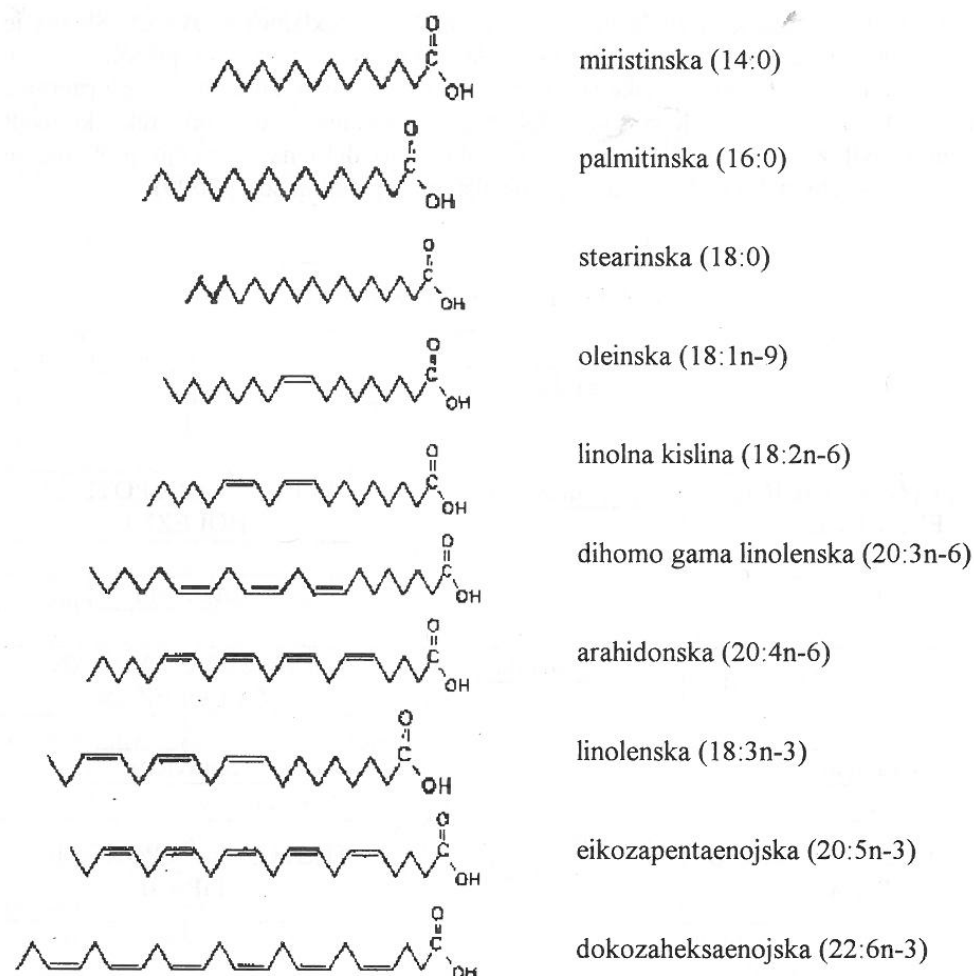
Najpogosteje so zastopane palmitinska (C16:0), stearinska (C18:0), oleinska (C18:1), linolna (C18:2) in linolenska (C18:3) kislina (Filip in Vidrih, 2010).

Izomere maščobnih kislin so nenasičene maščobne kisline z enakim številom ogljikovih atomov. Delimo jih v pozicijske in geometrijske izomere. Geometrijske izomere delimo glede na konfiguracijo vodika ob dvojni vezi na *trans* in *cis* izomere. Pri pozicijskih izomerah pa je dvojna vez na različnih mestih v molekuli (Filip, 2010).



Preglednica 1: Pregled pomembnejših maščobnih kislin (Salobir, 2001)

KRATKA OZNAKA	KEMIJSKO IME (IUPAC)	TRIVIALNO IME
<b>nasičene kisline</b>		
<b>a) kratkoverižne</b>		
<b>C4:0</b>	butanojska kislina	maslena kislina
<b>C6:0</b>	heksanojska kislina	kapronska kislina
<b>b) srednjeverižne</b>		
<b>C8:0</b>	oktanojska kislina	kaprilna kislina
<b>C10:0</b>	dekanojska kislina	kaprinska kislina
<b>c) dolgoverižne</b>		
<b>C12:0</b>	dodekanojska kislina	lavrinska kislina
<b>C14:0</b>	tetradekanojska kislina	miristinska kislina
<b>C16:0</b>	heksadekanojska kislina	palmitinska kislina
<b>C18:0</b>	oktadekanojska kislina	stearinska kislina
<b>C20:0</b>	eikozanojska kislina	arahidinska kislina
<b>C22:0</b>	dokozanojska kislina	behenska kislina
<b>enkrat nenasičene maščobne kisline</b>		
<b>C18:1</b>	cis-9-oktadecenska kislina	oleinska kislina
<b>C18:1t-9</b>	<i>trans</i> -9-oktadecenska kislina	elaidinska kislina
<b>C22:1c-9</b>	cis-13-dokosenska kislina	eruka kislina
<b>večkrat nenasičene maščobne kisline</b>		
<b>C18:2n-6</b>	Cis-cis-9,12-oktadekadienska kislina	linolna kislina
<b>C18:3n-3</b>	All-cis-9,12,15-oktadekatrienska kislina	$\alpha$ -linolenska kislina
<b>C18:3n-6</b>	All-cis-6,9,12-oktadekatrienska kislina	$\gamma$ -linolenska kislina
<b>C20:4n-6</b>	All-cis-5,8,11,14-eikozatetraenojska kislina	arahidonska kislina
<b>C20:5n-3</b>	All-cis-5,8,11,14,17-eikozapentaenska	EPA (eikozapentanojska kislina)
<b>C22:6n-3</b>	All-cis-4,7,10,13,16,19-dokozaheksaenska kislina	DHA (dokozaheksanojska kislina)



Slika 1: Strukturne formule nekaterih maščobnih kislin (Salobir, 2001)

### 2.3 MAŠČOBE V PREHRANI

Čeprav so maščobe za življenje in zdravje pomembna in nepogrešljiva hrana, se o maščobah vsaj v javnosti največ govori in razmišlja kot o zdravju škodljivih sestavinah hrane (Salobir, 2001). Maščobe vsebujejo življenjsko pomembne maščobne kisline, pospešujejo absorpcijo v maščobah topnih vitaminov (A, D, E in K), povečujejo energijsko gostoto hrane ter izboljšujejo konsistenco, vonj in okus živil. Prekomerno uživanje maščob je velik dejavnik tveganja pri nastanku bolezni srca in ožilja, sladkorne bolezni tipa 2, debelosti, povišanega krvnega tlaka ter nekaterih vrst raka, predvsem dojke, debelega črevesa, slinavke in prostate (Hlastan Ribič, 2010).

### 2.3.1 Fiziološki učinek maščobnih kislin

Raziskave so pokazale, da v prehrani ni pomembna le količina ampak tudi vrsta zaužite maščobe (preglednica 2).

- Nasičene maščobne kisline (pretežno živalskega izvora) so zdravju škodljive. Znano je, da je prekomerno uživanje nasičenih maščob dejavnik tveganja za nastanek bolezni srca in ožilja. Delež nasičenih maščobnih kislin naj bi dosegel največ tretjino vseh dnevno zaužitih maščob (Hlastan Ribič, 2010).

S številnimi študijami so ugotovili pomembne učinke različnih maščobnih kislin v prehrani na vrednost krvnega holesterola. Raziskave kažejo, da nasičene maščobne kisline zavirajo celični privzem LDL delcev, kar vodi do zvišanja koncentracije LDL holesterola v krvi (Hlastan Ribič, 2010).

- Nenasičene maščobne kisline, med katere štejemo večkrat nenasičene in enkrat nenasičene maščobne kisline, v optimalnih količinah zmanjšujejo tveganje za nastanek bolezni srca in ožilja. Zato naj bi predstavljale do dve tretjini vseh zaužitih maščob (Hlastan Ribič, 2010). Ob zamenjavi nasičenih maščobnih kislin v prehrani z enkrat nenasičenimi maščobnimi kislinami bi zmanjšali tveganje za 30 % (Filip in Vidrih, 2010).
- Enkrat nenasičene maščobne kisline (oleinska in palmitooleinska) imajo pomembno vlogo pri preprečevanju bolezni srca in ožilja, zato je njihov priporočen vnos večji od 10 % dnevnega energijskega vnosa (Hlastan Ribič, 2010). Znižujejo skupni in LDL holesterol ter zvišujejo ugodni HDL holesterol v krvi. So manj podvržene oksidaciji (Salobir, 2001).
- Večkrat nenasičene esencialne maščobne kisline (linolna (n-6) in  $\alpha$ -linolenska (n-3)) so tiste, ki jih organizem sam ne more sintetizirati (Hlastan Ribič, 2010). Najprimernejše razmerje med n-6 in n-3 je med 5:1 in 10:1. Znižujejo le LDL holesterol, na nivo HDL holesterola v krvi pa ne vplivajo. Ker so močno podvržene oksidaciji (povečano nastajanje škodljivih prostih radikalov v organizmu), naj jih v prehrani ne bo preveč (Salobir, 2001).
- *Trans* maščobne kisline  
V številnih raziskavah je bila dokazana močna povezava med uživanjem *trans* maščobnih kislin in povečanjem tveganja za nastanek srčno žilnih bolezni oz. vpliv uživanja *trans* maščobnih kislin na zdravje človeka. Tako so dokazali, da z zamenjavo *trans* maščobnih kislin (2 % dnevno zaužite energije) z naravno obliko *cis* maščobnih kislin močno (za več kot 50 %) zmanjša tveganje za nastanek srčno žilnih bolezni (Filip in Vidrih, 2010). Po referenčni tabeli (2004) (preglednica 2) naj ne bi dnevni vnos *trans* maščobnih kislin presegal 1 % dnevno zaužite energije. To pomeni, da zdrav človek, ki dnevno zaužije 2.000 kcal naj ne bi zaužil več kot 20 kcal v obliki *trans* maščobnih kislin oz. ne več kot 2 g na dan.

Preglednica 2: Prehranska priporočila dnevnega vnosa za količino maščob za osebe starejše od 25 let (Hlastan Ribič, 2010)

<b>PREHRANSKA PRIPOROČILA</b>	
<b>(Vnos energije mora biti skladen z energijsko porabo)</b>	
<b>skupne maščobe</b>	<b>&lt; 30 %</b>
nasičene maščobne kisline	< 10 %
enkrat nenasičene maščobne kisline	> 10 %
večkrat nenasičene maščobne kisline	< 7 %
<i>trans</i> maščobne kisline	< 1 %

Ameriško prehransko združenje priporoča za zdravo odraslo populacijo uživanje 20 do 35 % dnevno potrebne energije iz maščob ob hkratnem zmanjšanju količine nasičenih maščob in maščob, ki vsebujejo *trans* maščobne kisline, ter istočasnem povečanju uživanja živil z visoko vsebnostjo n-3 maščobnih kislin. Omenjena priporočila veljajo za otroke po drugem letu starosti in morajo biti usklajena z energijskimi potrebami, ki so odvisne od starosti (Filip in Vidrih, 2010). Pravilna oskrba organizma z zadostno količino in s pravilnim razmerjem esencialnih n-6 in n-3 maščobnih kislin, je pomembna v teku vsega življenja, najpomembnejša pa je v teku razvoja pred rojstvom, po rojstvu in zgodnjem otroštvu, ko se mladi organizem predvsem pa možgani, živčevje in psihomotorične sposobnosti otrok intenzivno razvijajo.

Vloga esencialnih maščobnih kislin (Salobir, 2001)

- linolna kislina sodeluje pri regulaciji permeabilnosti kože na vodo
- derivati linolne in  $\alpha$ -linolenske kisline, posebno arahidonska kislina, so sestavni deli celičnih membran. Če jih ni dovolj, se vgrajujejo druge maščobne kisline, kar povzroči spremembo lastnosti celične membrane
- funkcija ledvic – pri pomanjkanju motenj s hematurijo
- pomembne za rast in razvoj
- pomembne za plodnost
- pomembne za strukturo in delovanje živčnega sistema in očesne mrežnice
- so izhodiščne snovi za sintezo eikozanoidov (tkivnih hormonov), prostoglandinov, prostaciklinov, levkotrienov in tromboksanov, ki so pomembni za regulacijo krvnega tlaka, vnetnih procesov, imunskega odziva in za strjevanje krvi
- znižujejo lipide v krvi (holesterol in trigliceride)
- izboljšajo reološke lastnosti krvi (pretočnost krvi)
- znižujejo krvni tlak
- zmanjšajo zlepljanje trombocitov (nevarnost troboze)

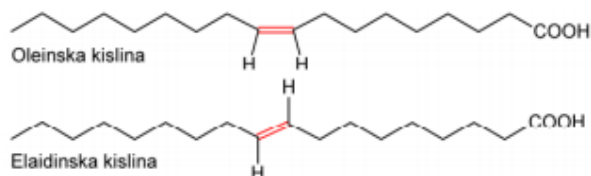
## 2.4 TRANS MAŠČOBNE KISLINE

*Trans* maščobne kisline lahko delimo na naravne in umetno oz. industrijsko proizvedene (hidrogeniranje tekočih olj, večinoma rastlinskega izvora, lahko tudi ribjega) (Filip in Vidrih, 2010). Prvi je posledica biohidrogenacije nenasičenih maščobnih kislin v vampu prežvekovalcev, ki nastane zaradi delovanja mikroorganizmov. Tako nastale *trans*

maščobne kisline (v konjugirani obliki) so prisotne v živilih živalskega izvora, kot so meso in mesni izdelki ter mleko in mlečni izdelki (Sadler, 2005).

*Trans* maščobne kisline se glede na strukturo razlikujejo od nasičenih in tudi od nenasičenih maščobnih kislin. Pri *cis* izomeri dvojne vezi sta radikala, ki sta vezana na ogljikova atoma ob dvojni vezi, nameščena na isti strani ogljikove verige (zato pride do zvitja verige na mestu dvojne vezi) (Filip, 2010).

Maščobne kisline, ki vsebujejo *trans* konfiguracijo dvojne vezi (radikala vezana na ogljikova atoma sta nameščena na nasprotni strani ogljikove verige), imajo potencial za tesno zvijanje ali formiranje verige ogljikovih atomov pri čemer veriga v prostoru ostane ravna in je tako prostorsko primerljiva z nasičenimi maščobnimi kislinami. Posledično se zmanjša mobilnost, kar pomeni zmanjšanje pretočnosti v primerjavi z maščobnimi kislinami, ki vsebujejo samo *cis* konfiguracijo dvojne vezi (Filip in Vidrih, 2010). Zaradi tega je struktura molekule močnejša in ima zato višje tališče. Večja termodinamska stabilnost *trans* dvojne vezi je tudi razlog, da pri izomerizaciji prednostno nastajajo *trans* izomere pred *cis* izomerami. Zato so le-te tudi manj občutljive na avtooksidacijo s prostimi radikali kot *cis* izomere maščobnih kislin (Filip, 2010). Med vsemi izomerami *trans* 18:1 maščobnih kislin (poznamo jih več kot deset) količinsko najbolj iztopata izomera C18:1 *trans*-9 (elaidinska kislina) ter C18:1 *trans*-11 (vakcenska kislina) (Sadler, 2005).



Slika 2: Oleinska kislina in njena *trans* izomera – elaidinska kislina (Sadler, 2005)

#### 2.4.1 *Trans* maščobne kisline v živilih

*Trans* maščobne kisline v prehrani izvirajo predvsem iz delno hidrogeniranih olj, ki se uporabljajo za proizvodnjo margarine, olj za cvrenje in hrane pripravljene s pomočjo surovin, ki vsebujejo *trans* maščobne kisline (hidrogenirana olja, rastlinska mast, margarina) (Filip in Vidrih, 2010).

Bogati viri škodljivih *trans* maščobnih kislin so ocvrto meso, čips, ocvrt krompir, polpripravljena hrana, hitra hrana (Hlastan Ribič, 2010) in tudi piškoti, kroasini, kruh, pite, krofi, margarine, pokovka, namazi, solatni preliv, žitni zajtrki, bomboni, živila živalskega izvora (Filip in Vidrih, 2010). Rezultati raziskav potrjujejo, da so *trans* izomere maščobnih kislin celo škodljivejše od nasičenih maščobnih kislin zaradi negativnega vpliva na razmerje LDL/HDL holesterola (Hlastan Ribič, 2010).

Z uživanjem hrane živalskega izvora zaužijemo 5-30 % vseh zaužitih *trans* maščobnih kislin. Preostanek pa zaužijemo s hrano, ki vsebuje hidrogenirane rastlinske maščobe kot

sestavino ali pa neposredno z uporabo hidrogeniranih maščob pri pripravi živil (Robinson in sod., 2008).

Kljub dejstvu, da se zadnjih 10 let intenzivno zmanjšuje količina *trans* maščobnih kislin v surovinah in živilih, količina zaužitih *trans* izomerov nenasičenih maščobnih kislin še vedno narašča. Vzrok je predvsem v povečevanju uživanja gotovih ali kako drugače predpripravljenih jedi v industrijsko razvitih deželah. Že v preteklosti je sicer hrana vsebovala *trans* maščobne kisline vendar le v določenih živilih (maslo, olje arnike, mleko in mlečni izdelki, meso); naravno prisotne količine so bile pod 1,0 % oz. 2,0 % skupnih maščobnih kislin. *Trans* maščobne kisline so stalno naraščale vzporedno z večanjem svetovne proizvodnje hidrogeniranih maščob (Filip in Vidrih, 2010).

Preglednica 3: Vsebnosti *trans* maščobnih kislin v nekaterih živilih (Sadler, 2005)

Živilo	Vsebnost (g) <i>trans</i> maščobnih kislin na 100g živila
maslo	3,6
mehka margarina z nižjo vsebnostjo večkrat nenasičenih maščobnih kislin	9,1
mehka margarina z visoko vsebnostjo večkrat nenasičenih maščobnih kislin	5,2
trda margarina	12,4
manj maščobni namaz z nižjo vsebnostjo večkrat nenasičenih maščobnih kislin	4,5
manj maščobni namaz z visoko vsebnostjo večkrat nenasičenih maščobnih kislin	2,5
mešano rastlinsko olje	1,1
rastlinsko olje (sončnično, sojino, sezamovo)	0
komercialno mešano olje	6,7
krompirjev čips	0,2
polnozrnat čips	0,2
čips z manj maščobe	0,3
hrenovka, svinjina, cvrta	0,1
hamburger z sirom	0,5
piškoti z okusom sira	0,2
piškoti čokoladni	3,4
čokoladna torta	7,1
ocvrt krompirček, star krompir, svež, ocvrt v komercialni mešanici olja	0,7
ocvrt krompirček, zamrznjen fino narezan, ocvrt v komercialni mešanici olja	0,7

#### 2.4.2 *Trans* maščobne kisline in vpliv na zdravje

Za *trans* maščobne kisline, ki nastanejo z industrijsko hidrogenacijo, so raziskave pokazale več negativnih vplivov na zdravje. Za *trans* maščobne kisline, ki so nastale z biohidrogenacijo, pa to ne velja, saj te vsebujejo konjugirane dvojne vezi (Potočnik, 2010).

*Trans* maščobne kisline v jetrih tekmujejo za iste encimske sisteme, ki sodelujejo pri presnovi esencialnih maščobnih kislin (Hlastan Ribič, 2010). Posebno neugodne so interakcije v primeru, ko ljudje zaužijejo velike količine *trans* maščobnih kislin ob nizkem vnosu esencialnih maščobnih kislin (<2 % dnevne energije z linolno kislino). Obstajata dve možnosti delovanja *trans* maščobnih kislin, in sicer (Sadler, 2005):

- tekmujejo z linolno kislino v metabolnih poteh,
- ali morda inhibirajo delovanje encimov v jetrih, ki so odgovorni za podaljševanje in nadaljnjo desaturacijo linolne kisline ter inhibirajo delovanje encimov, ki pretvarjajo arahidonsko kislino v prostaglandine, pomembne snovi za normalno delovanje celic.

Obstaja domneva, da *trans* maščobne kisline tudi povečujejo odpornost na inzulin in s tem povečujejo možnost nastanka sladkorne bolezni tipa 2. *Trans* maščobne kisline so povezane tudi z nastankom raka dojke in debelega črevesa, preeklampsijo pri nosečnicah in alergijami pri otrocih. Zaradi neugodnega vpliva *trans* maščobnih kislin na zdravje naj njihov vnos ne bi presegal 1 % dnevnega energijskega vnosa – preglednica 2. Rezultati raziskav potrjujejo, da so *trans* izomere maščobnih kislin celo škodljivejše od nasičenih maščobnih kislin zaradi negativnega vpliva na razmerje LDL/HDL holesterola (Hlastan Ribič, 2010).

#### 2.4.3 Nastajanje *trans* maščobnih kislin med cvrenjem

Med rafinacijo in procesi predelave hrane (hidrogeniranje, cvrenje oz. toplotna obdelava živil) ob prisotnosti maščob nastajajo *trans* maščobne kisline. Najmanj *trans* izomerov nastane med rafinacijo in največ med hidrogenacijo maščob. Večina raziskav o hranilnem in fiziološkem učinku teh snovi kaže, da imajo samo zelo pregreta olja in masti škodljiv učinek na človekovo zdravje. Nastajanje *trans* izomerov maščobnih kislin je odvisno od vrste olja, trajanja in temperature cvrenja (Filip, 2010).

Stender in sodelavci (2006) so ugotovili, da je vsebnost *trans* maščobnih kislin v ocvrtem krompirčku odvisna tudi od lokacije. Tako so vzorci v verigi McDonald's vsebovali manj kot 1 g TMK v Københavnu ter do 10 g na obrok (100 g) v New York City. Pri ponudniku hitre hrane KFC so bile razlike še večje, in sicer manj kot 1 g v Nemčiji, ter 24 g TMK na obrok (100 g) na Madžarskem.

### 2.4.3.1 Hidrogenacija maščob in olj

Pri procesu hidrogeniranja rastlinskih in ribjih olj nastajajo *trans* maščobne kisline. Hidrogenirana maščoba je zaradi spremenjene sestave maščobnih kislin bolj obstojna in ima višje tališče, kar daje širši krog uporabnosti. Tališče poleg geometrijskih *trans* izomerov, določajo tudi pozicijske *cis* izomere (Ackman in Mag, 1998). Nastanek *trans* maščobnih vezi povzroči, da imajo maščobe trdno strukturo pri nižjih temperaturah in da so mehkejše pri višjih temperaturah.

Hidrogenacija je adicija vodika na dvojne vezi ob prisotnosti niklja kot katalizatorja in pri temperaturi 160-180 °C. Med postopkom se vsebnost večkrat nenasičenih maščobnih kislin zmanjšuje, saj se pretvorijo v enkrat nenasičene in *trans* maščobne kisline. Tvorba nasičenih maščobnih kislin pa je počasnejša. (Ackmann in Mag, 1998).

Nekatere študije (Li in sod., 2009) potrjujejo, da ob zamenjavi niklovega katalizatorja z nikelj-borovim (Ni-B) in ob nespremenjenih pogojih postopka hidrogenacije nastane 50 % manj *trans* maščobnih kislin.

Torej pride do reakcij (Richards, 2006):

- nasičenja dvojni vezi
- *cis/trans* izomerizacije dvojnih vezi (pretvorba originalne *cis* vezi v *trans* dvojno vez)
- pomik dvojne vezi na nižje energetske mesto zaradi nastanka konjugiranih dvojnih vezi.

### 2.4.4 Določanje *trans* maščobnih kislin

Metode določanja posameznih *trans* izomer maščobnih kislin in določanje skupnih *trans* maščobnih kislin so predstavljene v preglednici 4. Trenutno ni nobene enostavne in natančne metode primerne za obe analizi za uporabo v živilski industriji (Sadler, 2005).



Preglednica 4: Analitične metode za določanje *trans* maščobnih kislin (Sadler, 2005)

Metoda	Določanje	Prednosti	Slabosti
<b>IR absorpcijska spektrometrija</b>	skupne <i>trans</i> maščobne kisline	nizka cena; zanesljivi rezultati če koncentracija <i>trans</i> izomerov presega 5 %	nezanesljivi rezultati če je koncentracija <i>trans</i> izomerov manjša od 5 %; uporabljati moramo korekcijske faktorje
<b>infrardeča spektroskopija s Fourierjevo transformacijo</b>	skupne <i>trans</i> maščobne kisline	zanesljivi rezultati, če je koncentracija <i>trans</i> izomerov manjša od 2 %	ne razlikuje med dvema estroma z eno <i>trans</i> vezjo ter med enim estrom z dvema <i>trans</i> vezema in estrom z nobeno <i>trans</i> vezjo
<b>plinsko-tekočinska kromatografija (GLC)</b>	posamezne izomere <i>trans</i> maščobnih kislin		prisotnost neznanih komponent lahko privede do lažnih rezultatov
<b>agentacijska kromatografija – GLC</b>	posamezne izomere <i>trans</i> maščobnih kislin	nasičene, enkrat nenasičene, di nenasičene maščobne kisline	zamudna metoda
<b>kapilarna kolona – GLC</b>	posamezne izomere <i>trans</i> maščobni kislin, ki jih lahko seštejemo in dobimo skupne <i>trans</i> maščobne kisline	natančna ločljivost estrov maščobnih kislin vključno s <i>cis</i> in <i>trans</i> izomerami	potrebno je veliko znanja in spretnosti za pripravo kolon in za razlago kromatogramov
<b>tekočinska kromatografija visoke ločljivosti</b>	posamezne izomere <i>trans</i> maščobnih kislin	ločimo lahko <i>cis,cis</i> in <i>trans,trans</i> -dienojske maščobne kisline	
<b>nuklearna magnetna resonanca (NMR)</b>	posamezne izomere <i>trans</i> maščobnih kislin	analiziramo lahko celotne lipide; identificiramo lahko izomere <i>trans</i> -dienov z uporabo protona ( <sup>1</sup> H) NMR	oprema je draga; uporablja se bolj za raziskave kot pa za splošne analize

## 2.5 CVRENJE

Cvrenje je, kljub nekaterim zdravstvenim pomislekom, zelo priljubljen način priprave hrane, saj je enostavno in hitro. Med cvrenjem se površina živila obarva z značilno zlatojavo barvo, ki je rezultat Maillardove reakcije, izoblikujeta se ustrezna hrustljivost in značilna, polna aroma. Cvrenje uvrščamo med suhe toplotne postopke, ker poteka v okolju z nizkim parcialnim tlakom vodne pare (Skvarča in Žlender, 1997).

Pogosto ne opazimo problema prevelike absorpcije maščobe v ocvrto živilo in s tem povečane skupne količine maščob ter energijske vrednosti. Proces cvrenja poteka pri visokih temperaturah, v maščobah potekajo hidrolitične, oksidacijske in termooksidacijske spremembe in pri tem nastajajo novi razgradni produkti, ki jih živilo absorbira hkrati z maščobo. Prav zato je potrebna tudi procesna kontrola cvrenja in kontrola kakovosti rabljenih maščob (Skvarča, 1996).

### 2.5.1 Spremembe maščob med cvrenjem

Pri maščobah, ki se uporabljajo za cvrenje, je zelo pomembna dobra toplotna stabilnost surovine in pravilno opravljen postopek cvrenja. Razgradnjo maščob povzročijo visoke temperature (155-185 °C) in večkratne obdelave v isti maščobi (Skvarča, 2000).

Pri cvrenju nastajajo nehlapne sestavine, ki ostanejo v maščobi in povzročajo nezaželene spremembe stabilnosti maščobe za cvrenje. Povzročajo fizikalne in kemijske spremembe. Te sestavine so pomembne tudi s prehranskega stališča, saj se skupno z maščobo absorbirajo v živilo. Nastanejo s polimerizacijo, ciklizacijo, izomerizacijo, oksidacijo, hidrolizo in z neencimskim porjavenjem ali Maillardovo reakcijo (Varela in sod., 1988).

Fizikalne spremembe so spremembe okusa, vonja in barve, viskoznosti, točke dimljenja, UV absorpcije, dielektrične konstante in nastanek pene. Kemijske spremembe olja lahko spremljamo z določanjem prostih maščobnih kislin, peroksidov, jodnega števila, sestave maščobnih kislin, vsebnosti oksimaščobnih kislin, polarnih spojin itd. Senzorične spremembe obsegajo spremembo okusa, vonja in barve (Vidmar in Oštric-Matijaševič, 1992).

Izparljive spojine, ki nastanejo med cvrenjem, se večinoma izločajo iz olja skupaj s paro (produkti nastali z razgradnjo hidroperoksidov, ki so pri višjih temperaturah labilni in se hitro razgrajujejo) (Varela s sod., 1988, Žlender in Skvarča, 2008).

Preglednica 5: Hlapni in nehlapni produkti razgradnje v oljih za cvrenje (Varela in sod., 1988)

Hlapne sestavine	Nehlapne sestavine
ogljikovodiki	ciklizacija: ciklični monomeri, ciklični dimeri, ciklični polimeri
alkoholi	polimerizacija: dimeri, trimeri, polimeri
aldehidi	izomerizacija: <i>cis</i> , <i>trans</i> izomere maščobnih kislin
ketoni	hidroliza: monogliceridi, digliceridi, proste maščobne kisline, glicerol
furani	
aromatične sestavine	
ogljikove kisline	
estri	

#### 2.5.1.1 Kemijske spremembe maščob med cvrenjem

##### Oksidacija:

Ločimo 2 tipa oksidacije, in sicer avtooksidacijo in encimsko oksidacijo pod vplivom lipoksigenaz.

Stopnja avtooksidacije narašča s stopnjo nenasičenosti (Chi-Tang in sod., 1996). Linolna kislina se oksidira desetkrat hitreje kot oleinska, linolenska pa celo dvajset do trideset krat hitreje. Poleg stopnje nenasičenosti so dejavniki, ki vplivajo na hitrost avtooksidacije, še količina prisotnega kisika, vlaga, temperatura, svetloba in prisotnost prooksidantov (sledovi kovin) ter antioksidantov (Aurand in Woods, 1973). Oksidacijo maščobe za cvrenje pa inhibirajo tudi razne komponente iz hrane, kot so tokoferoli, karotenoidi, fenoli ali podobni steroli (Skvarča, 2000).

Avtooksidacija je spontan proces oksidacije, ki poteka z verižno reakcijo, v kateri sodelujejo prosti radikali. Mehanizem reakcije je opisan kot iniciacija reakcije oz. nastajanje prostih radikalov, propagacija, kjer se prosti radikali spremenijo v druge radikale in terminacija reakcije, združitev dveh radikalov v stabilen produkt (Aurand in Woods, 1973).

Oksidacija rastlinskih jedilnih olj pri nižjih temperaturah poteka zelo počasi in njihovo kinetiko opisujejo različne študije, ki skupno dokazujejo vpliv prisotnosti zraka (kisika), vode in drugih materialov na samo hitrost oksidacije (Filip, 2010).

Pri encimski oksidaciji maščob pa imamo lipoksigenaze, ki se nahajajo v številnih rastlinah, v pšeničnih kalčkih, soji, sadju in zelenjavi. So oksigenaze, ki katalizirajo tvorbo hidroperoksidov maščobnih kislin, ki posedujejo sistem 1-*cis*, 4-*cis*-pentadien. To strukturo

srečamo v esencialnih maščobnih kislinah, kot sta linolna in linolenska kislina (Zelenik-Blatnik, 1992).

### **Termooksidacija:**

Najpomembnejše so termooksidativne spremembe, ki potekajo pri višji temperaturi (170-190 °C) ob prisotnosti kisika. S povečanjem stopnje nenasičenosti maščobnih kislin v olju, narašča tudi količina razgradnih produktov termooksidacije. Pri oljih z večjo vsebnostjo linolne kisline (nad 50 %) je nastajanje cikličnih maščobnih kislin, dimerov in polimerov trigliceridov in oksipolimerov zelo hitro, tako da po 10 do 20 urah segrevanja pri 170-180 °C ta olja postanejo neuporabna. Nastali produkti povzročajo žarek vonj in okus hrane, dimljenje, penjenje in potemnitev maščobe za cvrtje (Skvarča in Žlender, 2008).

### Hidroliza

Zaradi visokih temperatur cvrenja in prisotnosti vode nastajajo proste maščobne kisline, mono- in digliceridi in glicerol. Za hidrolizo je potrebna voda, zato je proces odvisen od količine izločene vode iz živila (Aurand in Woods, 1973).

### Polimerizacija

Poteka pri visokih temperaturah (200-300 °C) vzporedno z oksidacijo in vodi do naravne prekinitve avtooksidacije. Polimerizacija povzroča penjenje olja pri cvrenju, poveča viskoznost olja in s tem tudi absorpcijo le-tega na površino živila. Polimerizacija poteka z direktno rekombinacijo prostih radikalov.

### Ciklizacija

Je reakcija, ki poteka pri visokih temperaturah. Iz večkrat nenasičenih maščobnih kislin najprej nastanejo konjugirane maščobne kisline, ki nato s ciklizacijo preidejo v ciklične maščobne kisline. Slednje so potencialno toksične snovi in če se akumulirajo v večjih količinah, lahko škodljivo vplivajo na zdravje ljudi. Povzročajo tudi temnenje maščobe (Aurand in Woods, 1973).

### Izomerizacija

Pri segrevanju olj nad 170 °C lahko pride do nastanka *trans* izomerov iz *cis* izomerov nenasičenih maščobnih kislin.

### Maillardova reakcija

Je reakcija neencimskega porjavenja, kjer sestavine živila reagirajo z maščobo med toplotnim postopkom. Pri reakciji nastajajo rjavi pigmenti ali melanoidi, ki so produkt reakcije med reducirajočimi sladkorji (maltozo, laktozo) in amino spojinami (amini, aminokislinami, beljakovinami). Ti vplivajo na oblikovanje barve, vonja in arome ocvrtega živila. Rjavi pigmenti nastali z Maillardovo reakcijo so pomembni inhibitorji avtooksidacije maščob v živilih (Djordjević, 1986). Njihovo antioksidativno delovanje je delno posledica deaktivacije prostih peroksidnih radikalov, delno pa posledica tvorbe kelatov s kovinami.

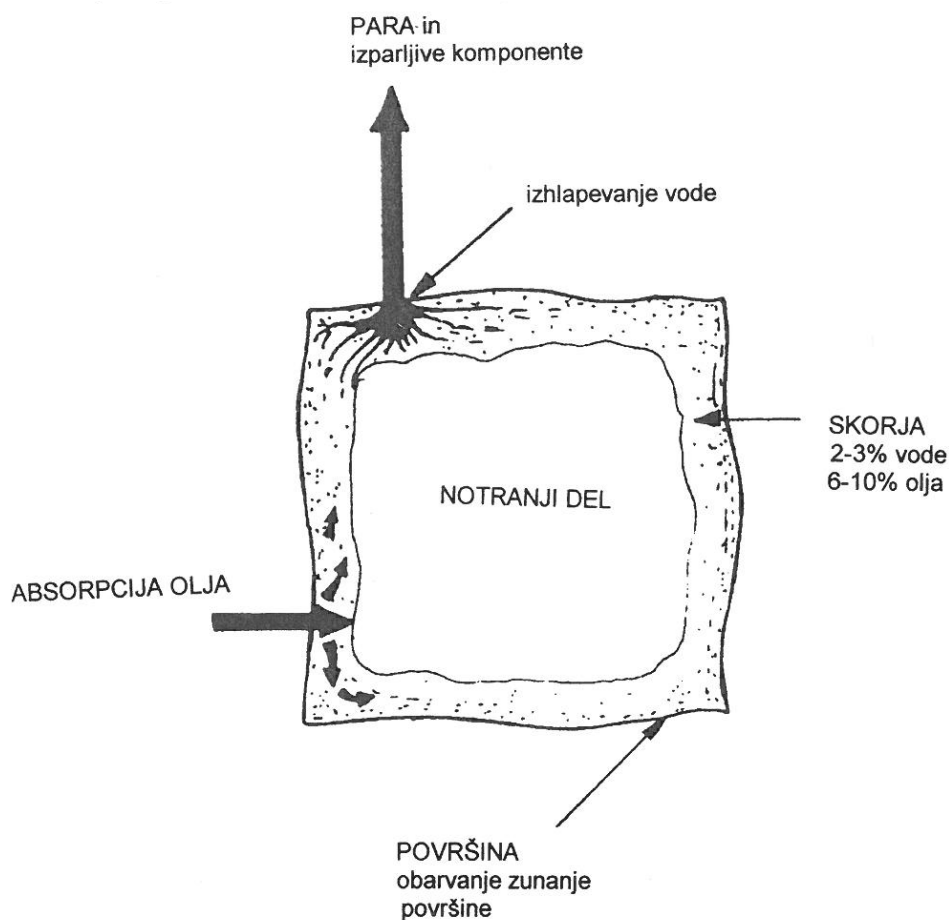
### 2.5.2 Cvrenje živil

Proces cvrenja je uporaben za številne vrste izdelkov, kot so meso, zelenjava, sadje, ribe, krompirjevi izdelki, izdelki iz testa itd.

Temperaturo olja in čas cvrenja je potrebno prilagoditi vrsti živila. Živilo potopimo v olje segreto na temperaturo med 160 in 180 °C. Ko temperatura v živilu naraste na okoli 100 °C voda izpareva iz živila, maščoba se absorbira v živilo, v katerem pa ostane celično vezana voda. Zunanja plast živila je izpostavljena visokim temperaturam, kar vodi k koagulaciji proteinov, s tem pa je zmanjšano izhlapevanje vodne pare. Segreta maščoba prispeva k oblikovanju hrustljave skorje, s čimer preprečimo prekomerno absorpcijo maščobe v živilo, obenem pa prispeva k oblikovanju okusa, barve in teksture živila (Varela in sod., 1988).

Pri ocvrtih živilih imamo tri značilna območja (Varela in sod., 1988):

- površino, ki predstavlja hrustljav zunanji sloj in nastane med dehidracjo zunanjih delov živila med cvrenjem,
- srednji sloj, ki izgublja vodo v obliki pare, maščoba pa delno zapolni prazen prostor,
- notranji sloj živila ali sredina, ki je kuhan.



Slika 3: Značilni deli ocvrtega živila – skorja, srednji in notranji sloj (Varela in sod., 1988)

Kakovost ocvrtega živila je odvisna od:

- vrste in kakovosti uporabljene maščobe (nevtralna aroma, kemična stabilnost, nizka absorptivna sposobnost, oblikovanje atraktivnih senzoričnih lastnosti, visoka točka dimljenja, majhna sposobnost absorpcije tujih vonjav, lahka prebavljivost, odsotnost nečistoč, med segrevanjem se ne sme peniti...),
- pogojev cvrenja (temperature in čas),
- friteze oz. cvrtnjaka in
- vrste živila.

### 2.5.3 Absorpcija maščobe

Temeljna zahteva pri cvrenju je čim manjša količina absorbirane maščobe v ocvrtih živilih. Če uporabljamo prenizke temperature olja, se poveča absorpcija maščobe v živilo, pri

uporabi previsokih temperatur pa se skorja živila prepeče, notranjost pa ostane surova. Količina absorbirane maščobe v ocvrtih živilih je zelo različna, in sicer med 8 % in 40 %.

Količina absorbirane maščobe je odvisna od (Žlender in Skvarča 2008):

- Uporabe toplotno stabilnega olja (z nastankom razgradnih produktov narašča viskoznost in s tem tudi absorpcija maščobe).
- Vpliv temperature in časa cvrenja (daljša toplotna obdelava povzroči večjo absorpcijo maščob; nižje temperature cvrenja podaljšajo postopek obdelave in povečajo absorpcijo maščobe; z naraščanjem temperature (220 °C) se absorpcija zmanjšuje, vendar se v praksi ne uporablja, ker vpliva na druge negativne lastnosti ocvrtih živil; optimalna temperatura je 150-180 °C).
- Število cvrenj (absorpcija maščobe narašča z večkratnim zaporednim cvrenjem živila v isti maščobi).
- Razgradni produkti (povečana količina polimerov vpliva na prenos toplote iz olja na živilo in s tem na povečano absorpcijo maščobe v živilo).
- Spremembe točke dimljenja in stopnje nenasičenosti (maščobe, ki vsebujejo večji delež nenasičenih maščobnih kislin, se bolj absorbirajo. Med količino absorbirane maščobe in točko dimljenja je ugotovljena negativna korelacija).
- Vrste maščobe (maščobe se razlikujejo po fizikalno kemijskih lastnostih, vsebnosti aditivov in drugo).
- Površina ocvrtega živila (večja površina živila v načelu poveča absorpcijo maščobe. Površina rezin krompirja za chips je 10 do 15 krat večja od površine rezin za ocvrt krompirček).
- Sestave in lastnosti ocvrtih živil (absorpcija maščobe v ocvrtem krompirčku je odvisna od specifične mase in vsebnosti vode v krompirju. Absorpcija maščobe upada z naraščanjem specifične mase krompirčka).

Skvarča (1996) v svoji raziskavi o absorbiranju maščob v različnih živilih ugotavlja, da je vpijanje maščob najbolj izrazito v vzorcih predpripravljenega krompirčka (blansiran, delno ocvrt in zmrznjen). K povečanju skupne količine maščobe veliko prispeva tudi začetna vsebnost maščobe, ki je povprečno v predpripravljenem krompirčku 5,4 % (v svežem le 0,2 %). Po vnosu zmrznjenega krompirčka v fritezo surovina zniža temperaturo olja in s tem vpliva na večjo absorpcijo maščobe. Pri cvrenju v hidriranem palmoleinu živilo absorbira v primerjavi z rafiniranim oljčnim oljem in različnimi sončničnimi olji več maščobe. Količina absorbirane maščobe v ocvrtih živilih narašča vzporedno s poslabšanjem kakovosti maščob in številom zaporednih cvrenj (Skvarča, 1996). Največjo termostabilnost in najmanjše vpijanje maščobe so določili pri stabilnem sončničnem olju s povečano vsebnostjo enkrat nenasičene oleinske kisline, kar je za ocvrte izdelke ugodno tudi s prehranskega vidika. Skladno s kemijsko določeno maščobo so ugotovili, da je pri vzorcih predpripravljenega krompirčka senzorično bolj zaznavna oljavost, a kljub temu dobro izražena hrustljivost. Pri vseh vzorcih živil je bilo ocenjeno poslabšanje arome in vonja ocvrtih živil.

Varela in sod. (1988) so opravili številne poskuse cvrenja različnih živil v različnih oljih za ugotavljanje sprememb v hranilni vrednosti. Rezultati so pokazali, da se teža izdelka med cvrenjem zmanjša, izguba vode npr. v krompirčku je bila 45-55 %. Zaradi absorpcije

maščobe se vsebnost maščobe lahko poveča na približno 15 % in več. Pri izdelkih, ki že sveži vsebujejo večjo vsebnost maščobe, pa se ta vrednost po cvrtju ne spremeni.

#### 2.5.4 Pomen za zdravje

Nehlapni termorazgradni produkti maščob se z ocvrto hrano vnašajo v organizem. Oksidirani linearni monomeri se absorbirajo v obsegu od 25-93 % in ne povzročajo vidnih posledic. Absorpcija polimerov je majhna, povzroča pa prebavne motnje in motnje v absorpciji hranil. Toksični ciklični monomeri se absorbirajo v organizem v največjem obsegu, to je od 91-96 %. Polarne spojine so zdravju nevarne v vsebnosti nad 27-30 %. Rabljena olja v gospodinjstvih in v kontroliranih prehrabnih obratih naj bi vsebovala 10 %, največ 25 % polarnih spojin (Varela, 1997).

### 2.6 KROMPIR

Krompir (*Solanum tuberosum* L.) sodi v družino razhudnikov (Solanaceae), kamor spadajo še tobak, paradižnik, paprika, petunija, pasje zelišče, jajčevac ter številne druge rastline. Je gomoljnica, poljščina in vrtnina. Pradomovina krompirja je perujsko-bolivijski del Andov in arhipelag Chiloe pred čilsko obalo. V Sloveniji ga poznamo od leta 1730. Rastlina oblikuje grm z listjem nad zemljo in gomolji pod zemljo. Gomolji so lahko okrogli, dolgi, podolgovati, ovalni, polovalni, ledvičasti, bele, rumene in rdeče barve. Meso je lahko belo ali rumeno (Klenar in Praprotnik, 1991). Vsebuje veliko proteinov z dobrim aminokislinskim razmerjem, vitamine C, B6 in B1, folno kislino, minerale kalij, fosfor, kalcij, magnezij ter mikrohranili železo in cink. Je bogat vir prehranskih vlaknin, še posebej če se ga uživa skupaj z lupino.

Krompir, ki je v naši prehrani zelo pogosta hrana bodisi kot samostojna jed, še večkrat pa v obliki priloge, lahko pripravimo z vsemi znanimi toplotnimi postopki. Izbira toplotnega postopka je predvsem odvisna od vrste jedi, katero želimo pripraviti, ter od kakovosti in vrste krompirja, ki ga imamo na razpolago. Toplotna obdelava povzroči mehansko razgradnjo gomolja, tako da se celice ločijo med seboj. To je povezano z zaklejitvijo škroba (60-70 °C), razgradnjo pektinov, koagulacijo beljakovin in povečanjem prebavljivosti celuloze. Načeloma je krompir bele barve in mokre teksture najprimernejši za kuhanje v vodi ali pari in za pečenje. Za cvrenje, krompirjevo solato pa so primernejše bolj čvrste, voščene sorte krompirja (Žledner in Skvarča, 2008).

Najpomembnejši živilski izdelki iz krompirja so:

- krompirjeva moka,
- krompirjevi kosmiči za pripravo pireja,
- ocvrt krompirček in
- čips.



### 2.6.1 Priprava ocrtega krompirčka

Krompir za industrijsko predelavo mora izpolnjevati določene pogoje, odvisno od namena proizvodnje. Za proizvodnjo ocvrtega krompirčka so pomembni naslednji dejavniki:

- podvodna masa od 400 do 470 g,
- debelina gomoljev od 40 do 55 mm,
- pravilne oblike gomolja s plitvimi očesi (olajša pranje in lupljenje),
- gomolji brez napak (neprimerni so pozeleneli deli gomoljev, deformirani gomolji, ožigi, razpoke, krastavost, ovelost, gubanje kože, okužbe z mikroorganizmi, notranje zmečkanine, počrnitev sredice).
- Gomolji ne smejo biti nagnjeni k sivenju mesa po predcvrtju. Ta lastnost je pomembna za zunanji videz izdelka po predcvrtju in za stroške predelave.
- Gomolji morajo imeti sprejemljivo raven reducirajočih sladkorjev, in sicer največ 0,2 % mase svežega krompirja.

Gomolje se najprej z vodo opere v bobnih ali flotacijskih pralnih strojih, da se odstranijo umazanija in mikroorganizmi. Čas pranja je odvisen od stopnje nečistoče gomoljev, globine oces in temperature vode. Po pranju se gomolje stehta (Kueneman, 1959). Sledi lupljenje gomoljev; večinoma se uporablja mehansko lupljenje – strganje, saj lupljenje s paro oz. lugom lahko poškoduje krompir in tako vpliva na kakovost končnega proizvoda. Strganje je odvisno od velikosti in oblike gomoljev, zato morajo biti gomolji bolj ali manj podobni med seboj. Nadzor kakovosti olupljenega krompirja se izvaja na kontrolni mizi, kjer slabo olupljene gomolje vračajo v lupilec (Feustel in Kueneman, 1959). Pri čiščenju se gomolju odstranijo očesa, brazgotine, temne in zelene pike ter gnili deli. Ta stopnja poteka ročno na tekočih trakovih. Sledi sortiranje na sortniku glede na premer in velikost gomolja. Rezanje na velikost okoli 11x11 mm poteka strojno. Olupljen in razrezan krompir se nato transportira v bobnast pralni stroj s curkom vode pod pritiskom, da se odstrani škrob s površine. Če se škrob ne odstrani iz rezin, se te med cvrenjem zlepijo. Prav tako se delno izperejo sladkorji s površine kar izboljša barvo končnega produkta. Sledi postopek blanširanja rezin, ki pa ni nujno potreben. Najpogosteje se izvaja v vroči vodi pri temperaturi 65-95 °C nekaj minut (Feustel in Kueneman, 1959). Če se postopka blanširanja ne uporabi, je potrebno odstraniti površinsko vlago takoj po pranju rezin. Če se tega ne stori, se čas cvrenja poveča in absorpcija maščobe je večja. Sušenje rezin se izvaja v perforiranih rotacijskih bobnih, z ventilatorji, na vibracijskih mrežnih trakovih, s centrifugalno ekstrakcijo, z vročim zrakom (Kueneman, 1959).

Za cvrenje krompirčka v manjših obratih se ponavadi uporabljajo ročni cvrtniki, sestavljeni iz ene ali več komor, napolnjenimi z oljem (šaržni sistem). V modernih obratih pa uporabljajo kontinuirane cvrtnike, ki so popolnoma avtomatizirani. V njih olje kroži, skozi filter se odstranijo trdni delci in nivo olja se obnavlja s svežim. Krompirček se pri industrijski proizvodnji le predhodno ocvre za 5-7 min, ohladi v hladilnem tunelu in končno globoko zamrzne. Tak je primeren za nadaljnje cvrenje v gostinstvu ali domačem gospodinjstvu (Feustel in Kueneman, 1959).

Za cvrenje se običajno uporabljajo rastlinska olja (rafinirano koruzno, sojino, pamino, repično, sončnično). Najbolj se uporablja sončnično olje, ker vsebuje veliko linolne kisline, vitamina E oz.  $\alpha$  tokoferola in majhno količino nestabilne linolenske kisline.

Preglednica 6: Primerjava maščobnokislinske sestave in fizikalno kemijskih lastnosti repičnega in sončničnega olja (Hren in Martinčič, 2002):

		Jedilna rafinirana olja	
		repično	sončnično
sestava maščobnih kislin (%)			
<b>nasičene</b>			
<b>lavrinska</b>	<b>C12:0</b>	-	-
<b>miristinska</b>	<b>C14:0</b>	-	do 1,5
<b>palmitinska</b>	<b>C16:0</b>	2,5-6,0	4,0-7,0
<b>starinska</b>	<b>C18:0</b>	0,8-2,5	1,0-7,0
<b>mononenasičene</b>			
<b>palmitooleinska</b>	<b>C16:1</b>	< 0,6	do 1,0
<b>oleinska</b>	<b>C18:1</b>	50,0-66,0	14,0-50,0
<b>polinenasičene</b>			
<b>linolna</b>	<b>C18:2 n-6</b>	18,0-30,0	47,0-75,0
<b><math>\alpha</math>-linolenska</b>	<b>C18:3 n-3</b>	6,0-14,0	do 1,0
fizikalno kemijske lastnosti			
<b>gostota (20 °C / 20 °C)</b>		0,914-0,918	0,918-0,923
<b>indeks refrakcije (20 °C)</b>		1,465-1,467	1,470-1,479
<b>jodno število</b>		105-126	117-138
<b>število umiljenja</b>		182-193	182-196
<b>neumiljive snovi (%)</b>		do 2,0	do 1,5

Obdelava s suho toploto (pečenje, cvrenje) karamelizira nekatere prisotne sladkorje, količina le teh pa je odvisna od starosti krompirja in temperature skladiščenja (Žlender in Skvarča). Kuhan krompir v povprečju vsebuje le 22 % sušine, glavni del predstavlja 75 % škroba. Ne vsebuje veliko beljakovin (približno 2 %), vendar pa je njihova biološka vrednost zelo velika. Ocvrt krompirček ima precej višjo energijsko vrednost kot kuhan.

Preglednica 7: Povprečna hranilna vrednost različno pripravljenega krompirja (Souci in sod., 2008)

Oblika	Masa (g)	Voda (g)	OH (g)	Skupni dušik (g)	Maščobe (g)	K (mg)	P (mg)	Vit C (mg)	Energijska vrednost (kcal)
kuhan, neolupljen krompirček	100	77,8	14,8	0,32	0,11	410	50	14	70
olupljen, ocvrt krompirček	100	43,6	35,7	0,67	14,5	926	105	18	290

## 2.7 ANTIOKSIDANTI

Prehranske antioksidante opredeljujemo kot snovi v hrani, ki pri človeku znižajo negativne učinke reaktivnih kisikovih in dušikovih prostih radikalov na normalen fiziološki nivo. Tehnološke antioksidante pa definiramo kot katerokoli snov, ki je sposobna zavlačevanja, zaviranja ali preprečevanja nastajanja žarkosti hrane, kot tudi ostalih poslabšanj okusa zaradi oksidacije (Raspor in sod., 2000). Te spojine z lahkoto oddajajo vodik, zato je večina antioksidantov fenolov, saj imajo te spojine aktivni vodikov atom.

### 2.7.1 Delovanje antioksidantov

Antioksidacijski sistem varuje živilo in organizem pred učinki prostih radikalov. Slednji se sproščajo v normalnih metabolnih procesih, kjer kisikove molekule izgubljajo elektrone, kar povzroči nestabilno, visoko reaktivno molekulo – prosti radikal (Raspor in sod, 2000). Porušeno ravnotežje med prostimi radikali in antioksidanti poimenujemo antioksidativni stres. Antioksidanti ga zmanjšujejo z lovljenjem prostih radikalov, s keliranjem kovinskih ionov in s popravitvijo oksidativno poškodovanih molekul (Korošec, 2000).

Antioksidant vpliva na reakcijo avtooksidacije tako, da odda vodikov atom radikal, ki bi sicer omogočil tvorbo peroksidnih radikalov ali hidroperoksidov. Nastali produkt je stabilnejši kot sam radikal. Prosti radikal antioksidanta ne vstopa v reakcijo s kisikom, ampak se veže z drugim prostim radikalom v stabilen produkt (Gunstone, 1996).

Idealni antioksidant: (Coppen, 1994):

- mora biti varen za uporabo,
- ne sme imeti nezaželenih vonjev, okusov in barve,
- biti mora učinkovit pri nizkih koncentracijah,
- enostaven za uporabo,
- prenesti mora visoke temperature toplotne obdelave (pečenje, cvrenje) in
- imeti nizko ceno.

Dodatek antioksidantov je odvisen od vrste živila, pogojev izdelave, pakiranja, skladiščenja, senzoričnega vidika, stroškov, problema označevanja, prehranskih interakcij in od nadaljnjih postopkov ravnanja z živilom (Coppen, 1994).

### 2.7.2 Delitev antioksidantov

Antioksidante razvrščamo v tri skupine, in sicer pod prvo štejemo prave antioksidante (primarne antioksidante), ki vežejo proste radikale, predstavljajo pa glavno znotrajcelično antioksidantno obrambo. V drugi skupini so reducenti, v tretji pa so antioksidantni sinergisti, ki povečujejo delovanje antioksidantov prve skupine (sekundarni antioksidanti) (Korošec, 2000). Njihova značilnost je, da reagirajo s kovinskimi ioni, ki so katalizatorji reakcije, odvzemajo kisik iz medija, razgrajujejo hidroperokside do komponent, ki niso radikali, absorbirajo UV svetlobo in deaktivirajo aktivni kisik. Sekundarne antioksidante delimo v tri skupine, in sicer odjemalci kisika, odjemalci radikalov in sinergisti (preglednica 8). Poleg omenjenih pa poznamo tudi terciarne antioksidante. To so snovi, ki popravljajo poškodbe, ki jih povzročajo prosti radikali v celici. So največkrat encimi, ki »popravljajo« poškodbe DNA – metionin sulfoksid reduktaza (Raspor in sod., 2000).

Glede na izvor ločimo veliko število naravnih in sintetičnih antioksidantov. Sintetični (butil-hidroksi-anisol (BHA), butil-hidroksi-toluen (BHT), propil glat (PG), itd.) so običajno bolj učinkoviti in tudi cenejši, vendar se zaradi trendov naravnega prehranjevanja skuša čim bolj uveljaviti naravne antioksidante (Skvarča, 2000). Le ti so proizvedeni iz mikroorganizmov oz. izolirani iz rastlin ali organskih snovi (Raspor in sod., 2000). Nekateri sintetični antioksidanti so tudi toksični, zato je potrebna posebna previdnost. BHA in BHT sta močna sintetična antioksidanta, vendar je bilo dokazano, da BHA deluje karcinogeno, BHT pa v večjih količinah mutageno.

Glede na topnost ločimo antioksidante na (Kitts, 1996):

- topne v maščobah (tokoferoli, BHA, BHT, askorбил palmitat,...) in
- v vodi topni (askorbinska kislina, riboflavin,...).

#### 2.7.2.1 Naravni antioksidanti

Ker se rastline ščitijo pred škodljivimi vplivi okolja (pred sončnimi žarki, napadi virusov, bakterij...), nastanejo naravni antioksidanti in drugi sekundarni metaboliti (pogosto so flavonoidi in druge polifenolne snovi) za njihovo zaščito. Vsebnost antioksidativnih snovi v rastlinah je genetsko pogojena, in sicer nanjo vplivajo ekološke razmere in agrotehnični dejavniki (Kreft in sod., 2000)

Preglednica 8: Glavne skupine naravnih antioksidantov (Raspor in sod., 2000):

Odjemalci radikalov	Odjemalci kisika	Sinergisti	Popravljalci poškodb
tokoferoli	askorbinska kislina	fosfolipidi	encimi
flavonoidi	encimi	citronska kislina	
polifenoli	flavonoidi	produkti Maillardove reakcije	
karotenoidi	karotenoidi	aminokisliline in peptidi	
	polifenoli		

Nekatere prednosti in pomanjkljivosti naravnih antioksidantov v primerjavi z umetnimi (Raspor in sod., 2000):

PREDNOSTI:

- sprejemljivejši za potrošnika – naraven proizvod,
- ne zahteva se nobenega testiranja, če je antioksidant sestavina živila (uvrščamo ga v kategorijo varnih proizvodov – status GRAS (generally recognized as safe),
- delovanje naravnih antioksidantov ni koristno samo v živilu, ampak imajo tudi antioksidativen učinek tudi v organizmu, in prispevajo k antioksidacijskem statusu človeka (Salobir, 2000).

POMANJKLJIVOSTI:

- očiščeni so običajno dragi, neočiščeni pa so precej manj aktivni,
- funkcionalne lastnosti različnih pripravkov antioksidanta se razlikujejo, če ta ni dovolj standardiziran,
- varnost običajno ni znana,
- lahko se spremeni značilna barva proizvoda, okus proizvoda ali pa se okus izgubi po uporabi antioksidanta.

Med najbolj zanimivimi naravnimi antioksidanti so aktivne komponente nekaterih začimb, kot so rožmarin, žajbelj, timijan, origano, muškadni orešček... Spadajo pod skupino antioksidantov topnih v maščobah (Che Man in Jaswir, 2000).

### Rožmarin

Rožmarin in druge začimbe ljudje že od nekdaj uporabljajo z namenom izboljšati okus in aromo hrane ter jo zaščititi pred kvarom. Rastlina predstavlja gost zimzelen sredozemski grm z igličastimi listi in modrimi cvetovi, ki najbolje uspeva na kamnitih tleh z veliko kalcija. Listi imajo prijeten vonj ter oster in nekoliko trpek okus (Nussdorfer, 1991).

Večina raziskav je osnovana na rastlinah družine *Ustnatic (Labiatae)*, kamor spadata tudi rožmarin in žajbelj. Imata najmočnejše antioksidativno delovanje med začimbami in zato se njuni ekstrakti proizvajajo v komercialne namene. Imata tudi dobro toplotno odpornost in zato sta primerna za pripravo ocvrte hrane (Che Man in Jaswir, 2000). Zaradi relativno visoke koncentracije aktivnih komponent je ekstrakt rožmarina učinkovit že pri majhnih

koncentracijah. Je brez vonja in okusa, ima visoko antioksidativno učinkovitost, ne vsebuje ostankov lepila in ne spremeni senzoričnih lastnosti izdelka.

Najnovejša metoda za pridobivanje antioksidativnih komponent iz rastlinskih materialov, je ekstrakcija s superkritičnimi fluidi, ki je primerna za ekstrahiranje naravnih termolabilnih substanc. V postopku iz zmlatega rastlinskega materiala ločijo eterična olja od antioksidativnih komponent (Knez, 2008). Cenejša in še zmeraj najbolj uporabljena metoda pa je klasična ekstrakcija z organskimi topili (etil acetat, butil acetat, aceton, etanol, izopropanol).

Aktivne komponente ekstrakta rožmarina, ki so jim dokazali največjo antioksidativno učinkovitost in spadajo v skupino spojin fenolnega tipa, so karnozolna kislina, karnozol, rozmanol, rozmaridifenol, metil karnozat in rožmarinska kislina. Karnozolna kislina je glavna fenolna komponenta v rožmarinu in ima dvakrat večji potencial kot ostale izolirane komponente. Karnozolna kislina se pod vplivom temperature in oksidacijskih razmer spremeni v karnozol, ki ga sveži listi rožmarina ne vsebujejo. Karnozol pa razpada naprej, tako da nastanejo nove spojine kot so rozmanol in 7-oksiderivat rozmanola (Richheimer in sod., 1996).

### Lutein

Lutein spada med kisik (-OH) vsebujoče karotenoide oz. ksantofile. Je eden izmed 600 znanih v naravi najdenih karotenoidov. Veliko ga vsebujejo špinata, ohrovt, brstični ohrovt, temna zelenjava, mango, brokoli, jajčni rumenjaki. Lutein varuje pred katarakto, ščiti oko pred antioksidativnimi stresi in upočasnjuje degeneracijo rumene pege (Korošec, 2000).

Lutein je izomer zeaksantina (razlikuje se samo v položaju ene dvojne vezi), deluje kot antioksidant in je lipofilna molekula. Na začetku se je uporabljal bolj kot barvilo zaradi oranžno rdeče barve.

### **2.7.3 Antioksidanti in maščobe za cvrenje**

Antioksidanti se uporabljajo kot aditivi z namenom podaljšanja obstojnosti olja za cvrenje in inhibirajo nastanek nezaželenih spojin. Najpomembnejši naravni antioksidanti uporabljeni za maščobe so tokoferoli (že naravno prisotni v rastlinskih oljih), askorbinska kislina, lutein, ekstrakti žajblja, rožmarina in drugi (Skvarča, 2000).

Posledica oksidacije nenasičenih maščobnih kislin v primarne in sekundarne produkte je povečanje nasičenih maščobnih kislin. Razmerje linolne : palmitinske kisline se zato tudi uporablja kot pokazatelj stopnje oksidativne razgradnje maščobe za cvrenje (Skvarča, 2000).

Naravni antioksidanti, ki so prisotni v rastlinskih oljih (tokoferol, nekateri steroli, fosfolipidi) inhibirajo oksidacijo maščob. Beta karoteni in sorodni karotenoidi se prenašajo iz ocvrtega živila v olje za cvrenje. Tanini, flavonoidi in antocijani so netopni v oljih za cvrenje, in se zato dodajajo v ocvrte izdelke, dokler še lahko reagirajo s prostimi radikali.

#### **2.7.4 Antioksidativna aktivnost krompirja**

Na razgradnjo maščobe posredno vplivata tudi vrsta in sestava živila, ki se v maščobi obdeluje. Antioksidativne komponente krompirja inhibirajo oksidacijo olja za cvrenje. Pri oksidativni stabilnosti olj sodelujejo fenolne (klorogenske, kavne, kumarinske in ferulne kisline), tokoferoli, karotenoidi in druge substance krompirja. Antioksidativna aktivnost je dosežena s sinergističnim delovanjem fenolnih substanc z aminokislinami v krompirju. Po drugi strani pa težke kovine, klorofili in drugi prooksidanti prehajajo v maščobo in pospešujejo njihovo oksidacijo (Pokorny in Reblova, 1999).

### 3 MATERIAL IN METODE

#### 3.1 MATERIAL ZA POSKUS

##### 3.1.1 Medij in živilo za cvrenje

Pri poskusu smo za pridobivanje vzorcev ocvrtega krompirčka uporabili rafinirano sončnično olje proizvajalca Zvijezda. Proizvajalec je predložil specifikacijo o maščobno kislinski sestavi in fizikalno kemijskih parametrih olja (Priloga A). Sončnično olje smo porazdelili na sedem vzorcev po 0,5 kg olja na vzorec, v katerem smo ocvrli krompirček.

##### 3.1.2 Priprava vzorcev in dodani antioksidanti

Kontrolnemu vzorcu nismo dodali antioksidantov (prvi vzorec). Drugemu vzorcu smo dodali 2,0 g/kg ekstrakta rožmarina (Inolens 4). Tretjemu vzorcu smo dodali podvojeno količino ekstrakta rožmarina in sicer 4,0 g/kg, četrtemu vzorcu pa največjo količino 10,0 g/kg ekstrakta rožmarina. V naslednje tri vzorce pa smo dodali antioksidant lutein in sicer v koncentracijah 0,1 g/kg, 0,2 g/kg in 0,5 g/kg. Vse vzorce smo postavili v električno pečico ELOMA Backmaster in segrevali do temperature olja  $170 \pm 5$  °C. Temperaturo smo spremljali preko sistema beleženja temperature RTDTEMP101; SN: M32551 z merilnim območjem od -100 °C do +600 °C proizvajalca Madgetech, ZDA. Olje smo segrevali od 0 do 120 ur z vmesnimi prekinitvami brez segrevanja. Tako smo olje segrevali 16 ur in ga nato hranili pri sobni temperaturi 8 ur; ta postopek smo ponavljali do skupnih 120 ur oz. 6 dni (datumi cvrenja vzorcev krompirja so: 28.6., 29.6., 30.6., 1.7., 2.7. in 3.7.2010). Na začetku vsakega segrevanja smo v olju ocvrli krompirček in ga shranili v sterilne in kemijsko čiste plastične posode (centrifugirke) s pokrovom, jih označili in skladiščili pri -20 °C do nadaljnjih analiz.

Preglednica 9: Pregled vzorcev ter dodanih antioksidantov

številka vzorca	dodan antioksidant	oznaka vzorca
1. kontrolni vzorec	brez dodanega antioksidanta	K
2. vzorec	ekstrakt rožmarina v koncentraciji 2 g/kg olja	ROZ2
3. vzorec	ekstrakt rožmarina v koncentraciji 4 g/kg olja	ROZ4
4. vzorec	ekstrakt rožmarina v koncentraciji 10 g/kg olja	ROZ10
5. vzorec	lutein v koncentraciji 0,1 g/kg olja	LUT0,1
6. vzorec	lutein v koncentraciji 0,2 g/kg olja	LUT0,2
7. vzorec	lutein v koncentraciji 0,5 g/kg olja	LUT0,5



Za ekstrakt rožmarina (»Inolens4<sup>®</sup>«) smo uporabili ekstrakt podjetja Vitiva d.o.o., Markovci, Slovenija. Vseboval je 4,3 % karnozolne kisline. Za antioksidant lutein pa smo uporabili »NovaSoL<sup>®</sup> Lutein« iz podjetja Etol d.d., Škofja vas, Slovenija, ki je bil izoliran iz pelargonij. Uporabljene koncentracije so bile izbrane glede na priporočila proizvajalcev.

## 3.2 DOLOČANJE VSEBNOSTI MAŠČOBNIH KISLIN

### 3.2.1 Določanje maščobnih kislin kot metilnih estrov

Maščobne kisline smo z ekstrakcijo določili kot metilne estre maščobnih kislin (določimo po standardni AOAC metodi – AOAC 966.06, 2002). Zatehtali smo 60-70 mg vzorca, ki smo ga predhodno homogenizirali s tekočim dušikom, v epruveto s pokrovčkom na navoj (Hach-ove epruvete, 10 mL). Dodali smo 100  $\mu$ L internega standarda C17:0 in 100  $\mu$ L internega standarda C19:1*t*. Epruvete smo hitro zapirali, da topilo ni izhlapevalo. Nato smo dodali 3 mL 0,5 molarne sveže pripravljene raztopine NaOH v metanolu in 300  $\mu$ L metilen klorida - CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>. Zaprte epruvete smo segrevali približno 50 minut pri 90 °C v vodni kopeli, in jih vmes večkrat premešali. Nato smo jih hitro ohladili, dodali 3 mL 14 % BF<sub>3</sub> v metanolu, še enkrat segrevali v vodni kopeli za 10 minut. Po ponovni hitri ohladitvi smo dodali še 3 mL 10 % NaCl (za povečanje ionske jakosti za lažje ločevanje vodne in heksanske faze) in 1 mL heksana. Epruvete smo stresali na VORTEXER stresalniku 1 minuto za čim boljšo ekstrakcijo metilnih estrov maščobnih kislin (MEMK) iz vodne v nepolaro heksansko fazo. Raztopine smo centrifugirali 10 minut pri 4000 vrtljajih na minuto. Po centrifugiranju smo odpipetirali heksansko fazo v 1,5 mL viale in jih skladiščili pri -20 °C do nadaljnjih analiz.

Reagenti:

- interni standard C17:0, C19:1*t*,
- 0,5 M NaOH v metanolu,
- metilen klorid CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>,
- 14 % BF<sub>3</sub> v metanolu,
- 10 % NaCl,
- Heksan.

Aparatura:

- tehtnica,
- vodna kopel,
- stresalnik VORTEXER,
- centrifuga.

Material:

- tekoči dušik,
- epruvete s pokrovčkom na navoj (Hachove epruvete, 10 mL),
- pokrovčki za epruvete,
- pipete,
- nastavki za pipete,
- 1,5 mL viale.

### 3.2.2 Frakcioniranje metilnih estrov maščobnih kislin z Ag-Ion SPE

Frakcioniranje metilnih estrov maščobnih kislin z Ag-Ion SPE (Solid phase extraction tubes) se uporablja za analizo različnih lipidov. Trigliceridi se ločijo glede na število dvojnih vezi, maščobne kisline glede na število, položaj in geometrijo dvojnih vezi. Srebrovi ioni so naloženi in imobilizirani na SCX fazi kot nosilni ioni (zasidrani so na SCX polnilu funkcionalne skupine preko elektrostatične interakcije). Le ti tvorijo polarne komplekse z dvojnimi vezmi nenasičenih maščobnih kislin pod pogoji normalne faze tj. pri prehajanju vzorca preko kolone SCX. Srebrov ion (deluje kot akceptor elektronov) torej tvori reverzibilen kompleks z nenasičenimi spojinami. Stabilnost teh kompleksov je nizka in njihova tvorba je odvisna od števila, pozicije, konfiguracije dvojne vezi in steričnih ovir. *Trans* vezi imajo nižjo pi-elektronsko gostoto (pi-elektroni dvojnih vezi maščobnih kislin delujejo kot donorji elektronov), zato tvorijo kovinski ioni z njimi šibkejši kompleks. *Cis* kompleks je stabilnejši kot *trans* kompleks, ker omogoča boljšo prostorsko dostopnost. Metoda se uporablja za frakcioniranje *cis/trans* izomer ter za ločevanje vzorcev po stopnji nenasičenosti, kjer se retenzijska moč poveča s povečanjem števila dvojnih vezi. Pri nasičenih maščobnih kislinah oz. pri njihovih estrih je vezava v kompleks zaradi odsotnosti dvojnih vezi najšibkejša. Ag-Ion SPE uporabljamo za poenostavljanje analitične kromatografije in za poboljšanje natančnosti metode. Razlika intenzivnosti zadrževanja na koloni je osnova za frakcioniranje metilnih estrov maščobnih kislin (Supelco, 2006).

#### Reagenti:

- topila (hesan, aceton, heksan:aceton 96:4, heksan aceton 90:10).

#### Aparatura:

- BUTCHI, VACUUM CONTROLLER V-850,
- BUTCHI, VACUUM PUMP V-700,
- ventilski sistem SUPELCO VISIPRED,
- evaporator,
- stresalnik VORTEXER,
- plinski kromatograf Agilent Technologies 6890N.

Pogoji na plinskem kromatografu Agilent Technologies 6890N so:

- kolona: HP-88 (kat. št.: 112-88A7),
- detektor: FID,
- temperatura kolone: 210 °C,
- temperatura detektorja: 280 °C,
- temperatura injektorja: 250 °C (split 1:100),
- tlak na injektorju: 31,6 psi,
- nosilni plin: He,
- pretok H<sub>2</sub>: 40 mL/min,
- pretok N<sub>2</sub>: 45 mL/min,
- pretok He: 2,3 mL/min,
- volumen injiciranja: 1 µL,
- program za obdelavo podatkov: GC Chem Station.

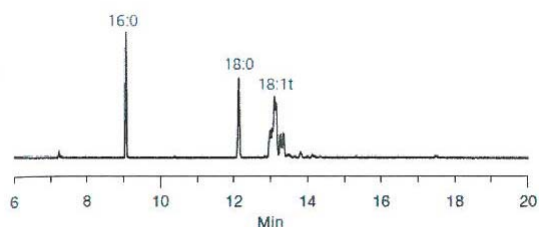
Material:

- kolone SPX,
- pipete,
- nastavki za pipete,
- epruvete s pokrovčkom na navoj,
- zamaški,
- viala z vzorci,
- 1,5 mL prazne viala,
- plastične kapalke.

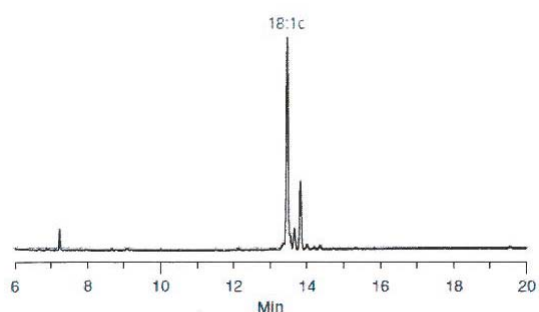
Potek nanašanja MEMK vzorcev (Supelco, 2006):

1. Kondicioniranje: najprej je bilo potrebno kolono kondicionirati in sicer to smo storili s 4 mL acetona. Aceton odstrani morebitno vlago iz SCX faze.
2. Ekvilibriranje: kolono smo uravnovežili s 4 mL heksana, ki uravnovesi fazo za nanos vzorca, saj se ta nahaja v heksanski fazi.
3. Nanos MEMK vzorcev: dodali smo 0,5 mL heksanske faze MEMK. V vzorcu naj bo maksimalno 1 mg MEMK/1 mL, saj se s povečanje koncentracije MEMK zmanjša učinkovitost kolone SCX. Po vezavi MEMK smo izpirali z različno polarnimi topili iz različnih razmerij acetona in heksana.
4. Frakcija 1: prvo frakcijo smo eluirali s 6 mL raztopino heksan:acetona 96:4.  
Frakcija 1 zajema:
  - nasičene MK,
  - *trans* monoene.
5. Frakcija 2: v drugo frakcijo smo zbrali eluat izpran s 4 mL (heksan:acetona 90:10)  
Frakcija 2 zajema:
  - *cis* monoene,
  - *trans/trans* diene.
6. Frakcija 3: v tretjo epruveto smo izprali kolono s 4 mL čistega acetona.  
Frakcija 3 zajema:
  - *cis/cis* diene,
  - ostale diene,
  - večino trienov.
7. Evaporacija, rekonstruiranje: vse frakcije smo evaporirali pri 40 °C v dušikovi atmosferi za 40 minut in ostanek raztopili v 1 mL heksana. Na stresalniku smo raztopine stresali 1 minuto in jih nato s plastično kapalko prenesli v 1,5 mL viala.

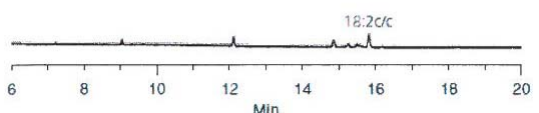
## 1. Frakcija



## 2. Frakcija



## 3. Frakcija



Slika 4: Primer frakcioniranja na AG-Ion SPE (Supelco, 2006)

Viale z rekonstruirano heksansko fazo frakcij smo postavili na avtomatski odjemalec vzorcev na plinskem kromatografu. Najprej smo določili maščobno kislinsko sestavo standardne raztopine metilnih estrov višjih maščobnih kislin (Sigma-Aldrich, kat.št. 47885-U, raztopljeno v  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  v koncentraciji 10 mg/ml). Standardu smo dodali heksan v razmerju 1:10, analizirali na plinskem kromatografu ter indentificirali in primerjali posamezne retenzijske čase metilnih estrov maščobnih kislin naših analiz z analizami proizvajalca (uporabili smo isto kolono).

Maščobno kislinsko sestavo smo torej določili s plinsko kromatografijo, ki se uporablja za analize lahko hlapnih vzorcev, ki jih ločujemo in detektiramo v plinski fazi. Pri tem pomeni, da mobilno fazo predstavlja inertni nosilni plin (helij), stacionarna faza pa je nehlapna organska tekočina porazdeljena na inertnem nosilcu, ki se nahaja v dolgi tanki koloni. Osnova separacije je porazdelitev med obe fazi, pri čemer se posamezne analizirane komponente različno porazdelijo in potujejo z različnim časom ter hitrostjo, zaznamo pa jih z detektorjem. Detektor je običajno plamensko ionizacijski in zaznava že zelo majhne količine preiskovane snovi, ki zapuščajo kolono (Žnidaršič in Vidrih, 2009).

Račun:

Koncentracijo maščobnih kislin smo izračunali po enačbi:

$$C \text{ (mg/100 g)} = (A_i \times F_{A_i} \times m_{17} \times 100) / (A_{17} \times F_{A_{17}} \times m_{vz.})$$

kjer je:

C	koncentracija posamezne MK (mg/100 g);
A <sub>i</sub>	površina posamezne MK;
F <sub>Ai</sub>	koeficient posamezne MK (molska masa MK/molska masa metilnega estra MK);
m <sub>17</sub>	masa internega standarda (C17:0);
A <sub>17</sub>	površina internega standarda;
F <sub>Ai17</sub>	koeficient internega standarda (molska masa C17:0/molska masa metilnega estra heptadekanojske kisline C17) = 0,9508;
m <sub>vz.</sub>	masa vzorca.

Masni delež vsake maščobne kisline v vzorcu smo določili s pomočjo odzivnostnega koeficienta transformacije maščobne kisline iz odgovarjajočega metilnega estra maščobne kisline. S pomočjo standardne raztopine metilnih estrov maščobnih kislin (sestava podana v utežnem deležu) smo določali odzivnostni koeficient.

### 3.3 DOLOČANJE VSEBNOSTI MAŠČOBE

Količino maščobe v ocvrtem krompirčku smo določali z metodo po Soxhletu, z ekstrakcijo po predhodnem razklopu (metoda po M. Weibullu in W. Stoldtu) (Ceirwyn, 1995).

Reagenti:

- 4 M HCl,
- petroleter.

Material:

- lončki za razklop,
- ekstrakcijski lončki,
- vrelne kroglice,
- filtri,
- celulozne kapice,
- vata,
- magnetki,
- stojala,
- sušilnik,
- eksikator,
- tehtnica,
- tekoči dušik.

Aparatura:

- Soxtec™ 2050 Automatic System.

#### 3.3.1 Razklop (hidroliza)

Vzorci smo homogenizirali s tekočim dušikom in zatehtali približno po 2 g vzorca v lončke za razklop, kamor smo predhodno namestili filtre. Razklop poteka z vrelo kislino, zato smo v razklopno posodo nalili 4 M HCl, in nato v posodo položili stojalo z

razklopnimi lončki. Paziti moramo, da HCl prekriva vzorce. Na posodo smo namestili pokrov, cev za odsesavanje hlapov, odprli dotok vode za hlajenje, vklopili grelno ploščo in kuhali (vreli) 1 uro. Sledilo je odstranjevanje hidrolizne tekočine z vakuumom in spiranje, ki smo ga ponovili 7-8 krat s hladno vodo. Na vrh vsakega filtra smo pazljivo namestili vato in tako pripravljene lončke pustili čez noč v sušilniku na 60 °C.

### 3.3.2 Ekstrakcija

Čiste in posušene ekstrakcijske lončke smo stehali. Na ekstrakcijski enoti, ki je sestavljena iz kontrolne in pogonske enote ter hladilnika, smo vklopili gretje. V posušene lončke za razklop smo namestili vato še s spodnje strani, na vrhu pa smo jih pokrili s celuloznimi kopicami. Nato smo jih z magnetki pritrdili na ekstrakcijsko enoto. Stehtane ekstrakcijske lončke smo položili v posebno stojalo, napolnili z 80 mL petroletra ter stojalo previdno previdno prenesli v ekstrakcijsko enoto. Po 90 minutni ekstrakciji, smo ekstrakcijske lončke previdno prenesli v sušilnik, kjer poteka sušenje ekstrahirane snovi pri 105 °C za 3 ure. Po končanem sušenju lončke ohladimo v eksikatorju in jih stehamo.

Račun:

Pri izračunu % maščobe upoštevamo zatehto vzorca in zatehto ekstrakcijskega lončka; pred in po ekstrakciji.

$$\% \text{ maščobe} = \frac{b - a}{c} \times 100$$

a = masa praznega lončka z vrelnimi kroglicami,  
b = masa lončka z vrelnimi kroglicami in maščobo,  
c = masa vzorca.

### 3.4 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Rezultate analiz smo statistično obdelali s pomočjo računalniškega programa. Podatki so bili obdelani s postopkom GLM (General linear model), uporabili smo programski paket SAS/STAT (SAS Software, Version 0.01, 1999). Osnovne statistične parametre smo dobili s postopkom MEANS, medtem ko smo podatke testirali na normalnost porazdelitve s postopkom UNIVARIANTE. Dobljene podatke smo uredili v programu Microsoft office EXCEL.

Statistični model je vključeval maščobnokislinsko sestavo ocvrtega krompirčka ob dodatku antioksidantov, ob različnih časih priprave ocvrtega krompirčka, ter ob vplivu paraleleke.

$$y_{ij} = \mu + A_i + S_j + PAR + \epsilon_{ij} \quad (\text{model 1})$$

$y_{ij}$  opazovana vrednost,  
 $\mu$  povprečna vrednost,  
 $A_i$  vpliv dodanega antioksidanta (K, ROZ2, ROZ4, ROZ10, LUT0,1, LUT0,2, LUT0,5),

$S_j$  vpliv segrevanja 0, 24, 48, 72, 96 in 120 ur,  
 $PAR$  vpliv paralelke (1-4),  
 $e_{ij}$  ostanek.

Srednje vrednosti za eksperimentalne skupine so bile izračunane z uporabo Duncan procedure in so primerjane pri 5 % tveganju. Pearsonovi korelacijski koeficienti med rezultati analiz so bili izračunani z uporabo CORR procedure SAS statističnega paketa za obdelavo podatkov.

## 4 REZULTATI

### 4.1 REZULTATI DOLOČANJA MAŠČOBE

Spremljali smo vpliv časa segrevanja sončničnega olja in števila cvrenj na vsebnost skupne maščobe v ocvrtem krompirčku. Analizirali smo ocvrt krompirček v dveh paralelkah od prvega do zadnjega dne cvrenja.

Preglednica 10: Vsebnost skupne maščobe ocvrtega krompirčka (%) v svežem in rabljenem sončničnem olju

dan	% maščobe
28.6 (1.dan)	18,37 ± 1,08
29.6 (2.dan)	18,75 ± 1,81
30.6 (3.dan)	20,67 ± 4,24
1.7 (4.dan)	20,26 ± 2,99
2.7 (5.dan)	21,11 ± 0,73
3.7 (6.dan)	22,17 ± 1,48

Iz rezultatov (Preglednica 10) lahko vidimo, da je količina absorbirane maščobe v ocvrtih živilih naraščala s številom cvrenj oz. s poslabšanjem kakovosti sončničnega olja. Pri naših rezultatih lahko vidimo, da se je delež maščobe povečal za 3,8 % in sicer iz 18,37 % na 22,17 %. Povprečje vseh paralelek absorbiranih maščob v vzorcih znaša 20,22 % maščob, zato lahko trdimo da ocvrt krompirček v obratih s hitro prehrano vsebuje okoli 20 % maščob. Rezultati se lepo stopnjujejo z izjemo tretjega dne, ki je zaradi velikega odstopanja ene paralelke večji kot je delež maščobe četrtega dne. Odstopanja med paralelkami so relativno visoka, vzrok pa je lahko različna priprava živil (olje ni bilo dovolj vroče in posledično pride lahko do večje absorpcije olja v krompirček, ali pa je olje bilo prevroče in se zunanji sloj preveč zapeče, notranjost pa ostane surova), različne količine živila (ob večji količini živila se lahko dodatno zmanjša temperatura olja in tako pride do večje absorpcije maščobe), različen čas priprave ter različne površine živila (manjši je volumen živila, večja je absorpcija maščobe, saj je površina glede na volumen večja).

Tudi Skvarča (1996) je povečanje absorpcije maščob potrdila v njeni raziskavi na ocvrtem krompirčku, paniranih medaljonih in krofih. Ugotovila je, da je vpijanje maščobe najbolj izrazito v vzorcih predpripravljenega krompirčka (blanširan, delno ocvrt in zmrznjen). Od prvega do dvajsetega cvrenja se je delež absorbirane maščobe povečal za 3,1 %, kar je primerljivo z našo analizo.



#### 4.2 REZULTATI DOLOČANJA MAŠČOBNO KISLINSKE SESTAVE OCVRTEGA KROMPIRČKA

Vsebnost maščobnih kislin smo določali v vzorcih krompirčka ocvrtega enkrat dnevno v olju (skupno pet dni) in pri dodatku dveh naravnih antioksidantov v različnih koncentracijah (ekstrakt rožmarina in lutein). Skupno smo določili in kvantificirali šest maščobnih kislin od tega tri nasičene, dve enkrat nenasičeni in eno dvakrat nenasičeno maščobno kislino. Ena maščobna kislina je bila v obliki *trans* izomere. Analize maščobno kislinske sestave so bile narejene v štirih paralelkah. Rezultati analiz so podani v preglednicah 12-22. Podani so povprečni masni deleži v % posameznih maščobnih kislin glede na skupne maščobne kisline ob času 0, 48 in 120 ur toplotne obdelave. Podatki za vsak posamezni dan cvrtja krompirčka pa so v tabelah 19-21.

Vzorci ocvrtega krompirčka so v nadaljevanju označeni s pripadajočimi okrajšavami: K (kontrola), ROZ2, ROZ4, ROZ10 (dodan ekstrakt rožmarina v sončnično olje v različnih koncentracijah), LUT 0,1, LUT 0,2, LUT 0,5 (dodan lutein v različnih koncentracijah).

Preglednica 11: Viri variabilnosti in statistične značilnosti njihovega vpliva na posamezne maščobne kisline

Maščobna kislina	Čas	Antioksidant	Paralelka
C 16:0	<0,0001	0,1545	0,5099
C 18:0	<0,0001	0,3007	0,3906
C 18:1	<0,0001	0,9131	0,8689
C 18:1 $t$	0,8701	0,9046	0,3526
C 18:2	<0,0001	0,6449	0,7064
C 20:0	0,0006	0,8662	0,1460
NMK	<0,0001	0,1802	0,4097
EnMK	<0,0001	0,9131	0,8689
VnMK	<0,0001	0,6449	0,7064
N6	<0,0001	0,6449	0,7064

$p \leq 0,001$  statistično zelo visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,01$  statistično visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,05$  statistično značilen vpliv;

$p > 0,05$  statistično neznačilen vpliv.

Iz preglednice 11 je razvidno, da na variabilnost vsebnosti maščobnih kislin najbolj vpliva čas segrevanja olja. Čas zelo visoko statistično vpliva na vsebnost vseh maščobnih kislin, razen pri C18:1 $t$ , kjer je vpliv statistično neznačilen. Ta podatek lahko pripišemo dejstvu, da je značilna zelo velika variabilnost rezultatov pri C18:1 $t$  izomeri oleinske kisline. Iz

preglednice pa je tudi razvidno, da antioksidant in paralelka statistično značilno ne vplivata na vsebnost nobene maščobne kisline.

Preglednica 12: Maščobno kislinska sestava krompirja (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na sveže ali rabljeno olje brez dodanega antioksidanta (K)

Maščobna kislina (g/100 g MK)	Vzorec krompirčka ob času			
	ocvrt v svežem olju	ocvrt po 48 urah segrevanja olja	ocvrt po 120 urah segrevanja olja	<i>p</i> vrednost
<b>C 16:0</b>	7,24 ± 0,23 <sup>b</sup>	8,43 ± 1,05 <sup>b</sup>	10,07 ± 0,66 <sup>a</sup>	0,0121
<b>C 18:0</b>	3,69 ± 0,35 <sup>b</sup>	4,02 ± 0,50 <sup>ab</sup>	4,60 ± 0,27 <sup>a</sup>	0,0637
<b>C 18:1</b>	36,21 ± 2,50 <sup>b</sup>	34,60 ± 0,80 <sup>b</sup>	41,03 ± 2,21 <sup>a</sup>	0,0041
<b>C 18:1<i>t</i></b>	0,41 ± 0,59 <sup>a</sup>	0,38 ± 0,18 <sup>a</sup>	0,10 ± 0,20 <sup>a</sup>	0,3212
<b>C 18:2</b>	52,19 ± 2,49 <sup>a</sup>	52,27 ± 1,22 <sup>a</sup>	44,12 ± 3,23 <sup>b</sup>	0,0042
<b>C 20:0</b>	0,26 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,29 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,08 ± 0,16 <sup>a</sup>	0,0704
<b>NMK</b>	11,18 ± 0,59 <sup>b</sup>	12,75 ± 1,58 <sup>ab</sup>	14,75 ± 0,97 <sup>a</sup>	0,0295
<b>EnMK</b>	36,21 ± 2,50 <sup>b</sup>	34,60 ± 0,80 <sup>b</sup>	41,03 ± 2,21 <sup>a</sup>	0,0041
<b>VnMK</b>	52,19 ± 2,49 <sup>a</sup>	52,27 ± 1,22 <sup>a</sup>	44,12 ± 3,23 <sup>b</sup>	0,0042
<b>N6</b>	52,19 ± 2,49 <sup>a</sup>	52,27 ± 1,22 <sup>a</sup>	44,12 ± 3,23 <sup>b</sup>	0,0042

$p \leq 0,001$  statistično zelo visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,01$  statistično visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,05$  statistično značilen vpliv;

$p > 0,05$  statistično neznačilen vpliv;

*a*, *b*, *c* vrednosti označene z enako črko v indeksu se med seboj ne razlikujejo značilno (Duncanov test  $\alpha = 0,05$ ).

Preglednica 12 pokaže kako cvrtje po različnih časih segrevanja olja vpliva na vsebnost maščobnih kislin v krompirčku. Pri nasičenih maščobnih kislinah prevladuje palmitinska kislina (C16:0). Pri krompirčku iz prvega cvrenja največji delež vseh maščobnih kislin predstavlja linolna kislina (C18:2), in sicer  $52,19 \pm 2,49$  g/100 g MK. Skupne nasičene maščobne kisline (C16:0, C18:0 in C20:0) se statistično značilno povečujejo s časom. Skupno so NMK krompirčka prvega cvrenja predstavljale  $11,18 \pm 0,59$  g/100 g MK. Njihov delež se je tekom segrevanja olja in števila cvrenj povečal na  $14,75 \pm 0,97$  g/100 g MK. Delež oleinske kisline (C18:1) se s časom prav tako statistično visoko značilno povečuje. Izjema je pri krompirčku ocvrtem po 48 urah segrevanja olja, kjer je zabeleženo majhno neznačilno zmanjšanje vrednosti. Povečuje se iz  $36,21 \pm 2,50$  na  $41,03 \pm 2,21$  g/100 g MK. Delež linolne kisline (C18:2) v krompirju se s cvrenjem olja statistično visoko značilno zmanjša iz vrednosti  $52,19 \pm 2,49$  na  $44,12 \pm 3,23$  g/100 g MK. Delež *trans* izomere oleinske maščobne kisline (C18:1*t*) se s časom statistično neznačilno zmanjšuje. Zmanjša se iz začetne vrednosti  $0,41 \pm 0,59$  na vrednost  $0,10 \pm 0,20$  g/100 g MK.

Preglednica 13: Maščobno kislinska sestava krompirja (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na sveže ali rabljeno olje z dodatkom antioksidanta lutein (c = 0,1 g/L)

Maščobna kislina (g/100 g MK)	Vzorec krompirčka ob času			p vrednost
	ocvrt v svežem olju	ocvrt po 48 urah segrevanja olja	ocvrt po 120 urah segrevanja olja	
<b>C 16:0</b>	7,50 ± 0,37 <sup>b</sup>	8,01 ± 0,86 <sup>b</sup>	9,34 ± 0,48 <sup>a</sup>	0,0062
<b>C 18:0</b>	3,61 ± 0,21 <sup>b</sup>	3,77 ± 0,41 <sup>b</sup>	4,53 ± 0,22 <sup>a</sup>	0,0038
<b>C 18:1</b>	33,7 ± 0,92 <sup>b</sup>	34,92 ± 1,02 <sup>b</sup>	36,73 ± 0,87 <sup>a</sup>	0,0045
<b>C 18:1t</b>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,03 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,37 ± 0,43 <sup>a</sup>	0,1302
<b>C 18:2</b>	55,00 ± 0,41 <sup>a</sup>	52,97 ± 0,77 <sup>b</sup>	48,31 ± 0,55 <sup>c</sup>	<0,0001
<b>C 20:0</b>	0,19 ± 0,13 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,33 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,2201
<b>NMK</b>	11,30 ± 0,60 <sup>b</sup>	12,08 ± 1,40 <sup>b</sup>	14,20 ± 0,71 <sup>a</sup>	0,006
<b>EnMK</b>	33,7 ± 0,92 <sup>b</sup>	34,92 ± 1,02 <sup>b</sup>	36,73 ± 0,87 <sup>a</sup>	0,0045
<b>VnMK</b>	55,00 ± 0,41 <sup>a</sup>	52,97 ± 0,77 <sup>b</sup>	48,31 ± 0,55 <sup>c</sup>	<0,0001
<b>N6</b>	55,00 ± 0,41 <sup>a</sup>	52,97 ± 0,77 <sup>b</sup>	48,31 ± 0,55 <sup>c</sup>	<0,0001

$p \leq 0,001$  statistično zelo visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,01$  statistično visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,05$  statistično značilen vpliv;

$p > 0,05$  statistično neznačilen vpliv;

a, b, c vrednosti označene z enako črko v indeksu se med seboj ne razlikujejo značilno (Duncanov test  $\alpha = 0,05$ ).

Enako kot pri preglednici 12 tudi pri preglednici 13, kjer preučujemo maščobno kislinsko sestavo ocvrtega krompirčka z dodatkom luteina v koncentraciji 0,1 g/L, nasičene maščobne kisline naraščajo statistično visoko značilno. Oleinska maščobna kislina prav tako statistično značilno narašča s časom. Vsebnost linolne maščobne kisline (C18:2) se s časom segrevanja olja zmanjšuje. Vsebnost *trans* maščobne kisline narašča, vendar statistično neznačilno, in sicer od vrednosti 0,00 ± 0,00 na vrednost 0,37 ± 0,43 g/100 g MK.

V preglednici 14 in 15, kjer so prikazani rezultati z večjima koncentracijama luteina, lahko prav tako povzamemo iste zaključke kot pri manjši koncentraciji luteina. Pri koncentraciji luteina 0,2 g/L pri svežem olju in po 48 urah segrevanja olja, vsebnost *trans* maščobne kisline v ocvrtem krompirčku narašča, medtem ko pri času 120 ur ni prišlo do detekcije vzorca, in je zato vsebnost 0,00 ± 0,00 g/100 g MK. Pri koncentraciji 0,5 g/L luteina pa vrednost s časom narašča, vendar statistično neznačilno, kar lako predvidevamo, da je posledica prevelike variabilnosti rezultatov (vsebnost narašča iz 0,23 ± 0,38 na 0,35 ± 0,34 g/100 g MK).

Preglednica 14: Maščobno kislinska sestava krompirja (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na sveže ali rabljeno olje z dodatkom antioksidanta lutein (c = 0,2 g/L)

Maščobna kislina (g/100 g MK)	Vzorec krompirčka ob času			p vrednost
	ocvrt v svežem olju	ocvrt po 48 urah segrevanja olja	ocvrt po 120 urah segrevanja olja	
<b>C 16:0</b>	7,42 ± 0,54 <sup>b</sup>	7,80 ± 1,06 <sup>b</sup>	9,66 ± 0,59 <sup>a</sup>	0,0056
<b>C 18:0</b>	3,59 ± 0,26 <sup>b</sup>	3,78 ± 0,52 <sup>b</sup>	4,56 ± 0,25 <sup>a</sup>	0,0107
<b>C 18:1</b>	33,39 ± 1,30 <sup>b</sup>	34,32 ± 3,62 <sup>b</sup>	40,08 ± 2,42 <sup>a</sup>	0,0114
<b>C 18:1<i>t</i></b>	0,12 ± 0,24 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,23 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,3339
<b>C 18:2</b>	54,00 ± 1,2 <sup>a</sup>	53,61 ± 5,04 <sup>a</sup>	45,70 ± 3,21 <sup>b</sup>	0,0141
<b>C 20:0</b>	0,19 ± 0,13 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,0020
<b>NMK</b>	11,20 ± 0,74 <sup>b</sup>	11,85 ± 1,61 <sup>b</sup>	14,22 ± 0,85 <sup>a</sup>	0,0107
<b>EnMK</b>	33,39 ± 1,30 <sup>b</sup>	34,32 ± 3,62 <sup>b</sup>	40,08 ± 2,42 <sup>a</sup>	0,0114
<b>VnMK</b>	54,00 ± 1,2 <sup>a</sup>	53,61 ± 5,04 <sup>a</sup>	45,70 ± 3,21 <sup>b</sup>	0,0141
<b>N6</b>	54,00 ± 1,2 <sup>a</sup>	53,61 ± 5,04 <sup>a</sup>	45,70 ± 3,21 <sup>b</sup>	0,0141

$p \leq 0,001$  statistično zelo visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,01$  statistično visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,05$  statistično značilen vpliv;

$p > 0,05$  statistično neznačilen vpliv;

*a*, *b*, *c* vrednosti označene z enako črko v indeksu se med seboj ne razlikujejo značilno (Duncanov test  $\alpha = 0,05$ ).

Preglednica 15: Maščobno kislinska sestava krompirja (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na sveže ali rabljeno olje z dodatkom antioksidanta lutein (c = 0,5 g/L)

Maščobna kislina (g/100 g MK)	Vzorec krompirčka ob času			p vrednost
	ocvrt v svežem olju	ocvrt po 48 urah segrevanja olja	ocvrt po 120 urah segrevanja olja	
<b>C 16:0</b>	6,82 ± 0,25 <sup>a</sup>	8,32 ± 0,36 <sup>b</sup>	9,05 ± 0,54 <sup>c</sup>	<0,0001
<b>C 18:0</b>	3,44 ± 0,12 <sup>c</sup>	3,86 ± 0,17 <sup>b</sup>	4,30 ± 0,26 <sup>a</sup>	0,0005
<b>C 18:1</b>	32,66 ± 1,40 <sup>b</sup>	35,24 ± 0,64 <sup>b</sup>	38,65 ± 2,82 <sup>a</sup>	0,0045
<b>C 18:1<i>t</i></b>	0,23 ± 0,38 <sup>a</sup>	0,11 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,35 ± 0,34 <sup>a</sup>	0,5414
<b>C 18:2</b>	56,08 ± 0,55 <sup>a</sup>	52,20 ± 1,10 <sup>b</sup>	47,13 ± 2,45 <sup>c</sup>	<0,0001
<b>C 20:0</b>	0,25 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,28 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,16 <sup>a</sup>	0,7806
<b>NMK</b>	10,50 ± 0,37 <sup>c</sup>	12,46 ± 0,53 <sup>b</sup>	13,58 ± 0,85 <sup>a</sup>	0,0002
<b>EnMK</b>	32,66 ± 1,40 <sup>b</sup>	35,24 ± 0,64 <sup>b</sup>	38,65 ± 2,82 <sup>a</sup>	0,0045
<b>VnMK</b>	56,08 ± 0,55 <sup>a</sup>	52,20 ± 1,10 <sup>b</sup>	47,13 ± 2,45 <sup>c</sup>	<0,0001
<b>N6</b>	56,08 ± 0,55 <sup>a</sup>	52,20 ± 1,10 <sup>b</sup>	47,13 ± 2,45 <sup>c</sup>	<0,0001

$p \leq 0,001$  statistično zelo visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,01$  statistično visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,05$  statistično značilen vpliv;

$p > 0,05$  statistično neznačilen vpliv;

*a, b, c* vrednosti označene z enako črko v indeksu se med seboj ne razlikujejo značilno (Duncanov test  $\alpha = 0,05$ ).

Preglednica 16: Maščobno kislinška sestava krompirja (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na sveže ali rabljeno olje z dodatkom ekstrakta rožmarina (c = 2 g/L)

Maščobna kislina (g/100 g MK)	Vzorec krompirčka ob času			
	ocvrt v svežem olju	ocvrt po 48 urah segrevanja olja	ocvrt po 120 urah segrevanja olja	<i>p</i> vrednost
<b>C 16:0</b>	7,44 ± 0,26 <sup>c</sup>	8,67 ± 0,78 <sup>b</sup>	10,55 ± 0,53 <sup>c</sup>	<0,0001
<b>C 18:0</b>	3,63 ± 0,07 <sup>c</sup>	4,22 ± 0,37 <sup>b</sup>	4,91 ± 0,25 <sup>a</sup>	0,0003
<b>C 18:1</b>	33,14 ± 1,18 <sup>c</sup>	36,19 ± 0,92 <sup>b</sup>	41,97 ± 1,35 <sup>a</sup>	<0,0001
<b>C 18:1t</b>	0,51 ± 0,35 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,0083
<b>C 18:2</b>	54,74 ± 0,68 <sup>a</sup>	50,62 ± 0,71 <sup>b</sup>	42,49 ± 0,54 <sup>c</sup>	<0,0001
<b>C 20:0</b>	0,26 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,30 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,09 ± 0,18 <sup>b</sup>	0,0421
<b>NMK</b>	11,33 ± 0,30 <sup>c</sup>	13,18 ± 1,18 <sup>b</sup>	15,54 ± 0,85 <sup>a</sup>	0,0002
<b>EnMK</b>	33,41 ± 1,18 <sup>c</sup>	36,19 ± 0,92 <sup>b</sup>	41,97 ± 1,35 <sup>a</sup>	<0,0001
<b>VnMK</b>	54,74 ± 0,68 <sup>a</sup>	50,62 ± 0,71 <sup>b</sup>	42,49 ± 0,54 <sup>c</sup>	<0,0001
<b>N6</b>	54,74 ± 0,68 <sup>a</sup>	50,62 ± 0,71 <sup>b</sup>	42,49 ± 0,54 <sup>c</sup>	<0,0001

*p* ≤ 0,001 statistično zelo visoko značilen vpliv;

*p* ≤ 0,01 statistično visoko značilen vpliv;

*p* ≤ 0,05 statistično značilen vpliv;

*p* > 0,05 statistično neznačilen vpliv;

*a*, *b*, *c* vrednosti označene z enako črko v indeksu se med seboj ne razlikujejo značilno (Duncanov test  $\alpha = 0,05$ ).

Kot pri različnih koncentracijah luteina, lahko prav tako pri različnih koncentracijah ekstrakta rožmarina vidimo (preglednice 16-18), da se vsebnost nasičenih maščobnih kislin kot tudi vsebnost oleinske kisline povečujejo s časom, in sicer v vseh treh primerih statistično zelo visoko značilno. Vsebnost linolne kisline se v vseh treh primerih statistično visoko značilno zmanjšuje, medtem ko se vsebnost *trans* izomere oleinske kisline pri koncentraciji 2g/L ekstrakta rožmarina statistično visoko značilno zmanjšuje (iz 0,51 ± 0,35 na 0,00 ± 0,00 g/100 g MK). Pri koncentraciji 4 g/L ekstrakta rožmarina pa se vsebnost *trans* maščobne kisline poveča, vendar statistično neznačilno (iz 0,00 ± 0,00 na 0,43 ± 0,49 g/100 g MK). Pri največji koncentraciji ekstrakta rožmarina pa se tudi pojavijo statistično neznačilni podatki, ki so lahko odraz velike variabilnosti rezultatov.

Preglednica 17: Maščobno kislinska sestava krompirja (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na sveže ali rabljeno olje z dodatkom ekstrakta rožmarina (c = 4 g/L)

Maščobna kislina (g/100 g MK)	Vzorec krompirčka ob času			
	ocvrt v svežem olju	ocvrt po 48 urah segrevanja olja	ocvrt po 120 urah segrevanja olja	<i>p</i> vrednost
<b>C 16:0</b>	7,19 ± 0,19 <sup>c</sup>	7,70 ± 0,36 <sup>b</sup>	9,73 ± 0,15 <sup>a</sup>	<0,0001
<b>C 18:0</b>	3,62 ± 0,10 <sup>b</sup>	3,75 ± 0,17 <sup>b</sup>	4,41 ± 0,09 <sup>a</sup>	<0,0001
<b>C 18:1</b>	33,67 ± 0,55 <sup>c</sup>	35,21 ± 0,82 <sup>b</sup>	38,43 ± 0,42 <sup>a</sup>	<0,0001
<b>C 18:1t</b>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,43 ± 0,49 <sup>a</sup>	0,1007
<b>C 18:2</b>	55,25 ± 0,46 <sup>a</sup>	53,07 ± 1,29 <sup>b</sup>	47,00 ± 0,83 <sup>c</sup>	<0,0001
<b>C 20:0</b>	0,26 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	<0,0001
<b>NMK</b>	11,08 ± 0,29 <sup>c</sup>	11,72 ± 0,54 <sup>b</sup>	14,14 ± 0,22 <sup>a</sup>	<0,0001
<b>EnMK</b>	33,67 ± 0,55 <sup>c</sup>	35,21 ± 0,82 <sup>b</sup>	38,43 ± 0,42 <sup>a</sup>	<0,0001
<b>VnMK</b>	55,25 ± 0,46 <sup>a</sup>	53,07 ± 1,29 <sup>b</sup>	47,00 ± 0,83 <sup>c</sup>	<0,0001
<b>N6</b>	55,25 ± 0,46 <sup>a</sup>	53,07 ± 1,29 <sup>b</sup>	47,00 ± 0,83 <sup>c</sup>	<0,0001

$p \leq 0,001$  statistično zelo visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,01$  statistično visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,05$  statistično značilen vpliv;

$p > 0,05$  statistično neznačilen vpliv;

*a*, *b*, *c* vrednosti označene z enako črko v indeksu se med seboj ne razlikujejo značilno (Duncanov test  $\alpha = 0,05$ ).

Preglednica 18: Maščobnokislinska sestava krompirja (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na sveže ali rabljeno olje z dodatkom ekstrakta rožmarina (c = 10 g/L)

Maščobna kislina (g/100 g MK)	Vzorec krompirčka ob času			<i>p</i> vrednost
	ocvrt v svežem olju	ocvrt po 48 urah segrevanja olja	ocvrt po 120 urah segrevanja olja	
<b>C 16:0</b>	7,48 ± 0,18 <sup>b</sup>	8,17 ± 0,53 <sup>b</sup>	11,68 ± 1,35 <sup>a</sup>	0,0001
<b>C 18:0</b>	3,68 ± 0,09 <sup>b</sup>	3,76 ± 0,25 <sup>b</sup>	5,24 ± 0,72 <sup>a</sup>	0,0012
<b>C 18:1</b>	32,63 ± 0,36 <sup>c</sup>	35,49 ± 1,15 <sup>b</sup>	40,55 ± 0,70 <sup>a</sup>	<0,0001
<b>C 18:1<i>t</i></b>	0,29 ± 0,23 <sup>a</sup>	0,04 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,41 <sup>a</sup>	0,4410
<b>C 18:2</b>	55,65 ± 0,36 <sup>a</sup>	52,33 ± 0,33 <sup>b</sup>	42,13 ± 1,98 <sup>c</sup>	<0,0001
<b>C 20:0</b>	0,27 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,23 <sup>a</sup>	0,8177
<b>NMK</b>	11,43 ± 0,27 <sup>b</sup>	12,14 ± 0,92 <sup>b</sup>	17,12 ± 2,30 <sup>a</sup>	0,0006
<b>EnMK</b>	32,63 ± 0,36 <sup>c</sup>	35,49 ± 1,15 <sup>b</sup>	40,55 ± 0,70 <sup>a</sup>	<0,0001
<b>VnMK</b>	55,65 ± 0,36 <sup>a</sup>	52,33 ± 0,33 <sup>b</sup>	42,13 ± 1,98 <sup>c</sup>	<0,0001
<b>N6</b>	55,65 ± 0,36 <sup>a</sup>	52,33 ± 0,33 <sup>b</sup>	42,13 ± 1,98 <sup>c</sup>	<0,0001

$p \leq 0,001$  statistično zelo visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,01$  statistično visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,05$  statistično značilen vpliv;

$p > 0,05$  statistično neznačilen vpliv;

*a*, *b*, *c* vrednosti označene z enako črko v indeksu se med seboj ne razlikujejo značilno (Duncanov test  $\alpha = 0,05$ ).



Preglednica 19: Maščobno kislinska sestava krompirčka (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na dodan antioksidant pred začetkom segrevanjem

Maščobna kislina (g/100 g MK)	Antioksidant							<i>p</i> vrednost
	K	LUT (0,1 g/L)	LUT (0,2 g/L)	LUT (0,5 g/L)	ROZ (2 g/L)	ROZ (4 g/L)	ROZ (10 g/L)	
<b>C 16:0</b>	7,24 ± 0,23 <sup>ab</sup>	7,50 ± 0,37 <sup>a</sup>	7,42 ± 0,54 <sup>a</sup>	6,82 ± 0,25 <sup>b</sup>	7,44 ± 0,26 <sup>a</sup>	7,19 ± 0,19 <sup>ab</sup>	7,48 ± 0,18 <sup>a</sup>	0,0729
<b>C 18:0</b>	3,69 ± 0,35 <sup>a</sup>	3,61 ± 0,21 <sup>a</sup>	3,59 ± 0,26 <sup>a</sup>	3,44 ± 0,12 <sup>a</sup>	3,63 ± 0,07 <sup>a</sup>	3,62 ± 0,10 <sup>a</sup>	3,68 ± 0,09 <sup>a</sup>	0,5490
<b>C 18:1</b>	36,21 ± 2,50 <sup>a</sup>	33,70 ± 0,92 <sup>b</sup>	33,39 ± 1,30 <sup>b</sup>	32,66 ± 1,40 <sup>b</sup>	33,41 ± 1,18 <sup>b</sup>	33,67 ± 0,55 <sup>b</sup>	32,63 ± 0,36 <sup>b</sup>	0,0510
<b>C 18:1<i>t</i></b>	0,42 ± 0,59 <sup>ab</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,12 ± 0,24 <sup>ab</sup>	0,23 ± 0,38 <sup>ab</sup>	0,51 ± 0,35 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,29 ± 0,23 <sup>ab</sup>	0,1393
<b>C 18:2</b>	52,19 ± 2,49 <sup>c</sup>	55,00 ± 0,41 <sup>ab</sup>	54,00 ± 1,2 <sup>b</sup>	56,08 ± 0,55 <sup>a</sup>	54,74 ± 0,68 <sup>ab</sup>	55,25 ± 0,46 <sup>ab</sup>	55,65 ± 0,36 <sup>a</sup>	0,0014
<b>C 20:0</b>	0,26 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,19 ± 0,13 <sup>a</sup>	0,19 ± 0,13 <sup>a</sup>	0,25 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,5558
<b>NMK</b>	11,18 ± 0,59 <sup>ab</sup>	11,30 ± 0,60 <sup>ab</sup>	11,20 ± 0,74 <sup>ab</sup>	10,50 ± 0,37 <sup>b</sup>	11,33 ± 0,30 <sup>ab</sup>	11,08 ± 0,29 <sup>ab</sup>	11,43 ± 0,27 <sup>a</sup>	0,1785
<b>EnMK</b>	36,21 ± 2,50 <sup>a</sup>	33,7 ± 0,92 <sup>b</sup>	33,39 ± 1,30 <sup>b</sup>	32,66 ± 1,40 <sup>b</sup>	33,41 ± 1,18 <sup>b</sup>	33,67 ± 0,55 <sup>b</sup>	32,63 ± 0,36 <sup>b</sup>	0,0510
<b>VnMK</b>	52,19 ± 2,49 <sup>c</sup>	55,00 ± 0,41 <sup>ab</sup>	54,00 ± 1,2 <sup>b</sup>	56,08 ± 0,55 <sup>a</sup>	54,74 ± 0,68 <sup>ab</sup>	55,25 ± 0,46 <sup>ab</sup>	55,65 ± 0,36 <sup>a</sup>	0,0014
<b>N6</b>	52,19 ± 2,49 <sup>c</sup>	55,00 ± 0,41 <sup>ab</sup>	54,00 ± 1,2 <sup>b</sup>	56,08 ± 0,55 <sup>a</sup>	54,74 ± 0,68 <sup>ab</sup>	55,25 ± 0,46 <sup>ab</sup>	55,65 ± 0,36 <sup>a</sup>	0,0014

$p \leq 0,001$  statistično zelo visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,01$  statistično visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,05$  statistično značilen vpliv;

$p > 0,05$  statistično neznačilen vpliv;

*a, b, c* vrednosti označene z enako črko v indeksu se med seboj ne razlikujejo značilno (Duncanov test  $\alpha = 0,05$ ).

Preglednica 20: Maščobno kislinska sestava krompirčka (g/100 g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na dodan antioksidant po 48 urah segrevanja sončničnega olja

Maščobna kislina (g/100 g MK)	Antioksidant							<i>p</i> vrednost
	K	LUT (0,1 g/L)	LUT (0,2 g/L)	LUT (0,5 g/L)	ROZ (2 g/L)	ROZ (4 g/L)	ROZ (10 g/L)	
<b>C 16:0</b>	8,43 ± 1,05 <sup>a</sup>	8,01 ± 0,86 <sup>a</sup>	7,80 ± 1,06 <sup>a</sup>	8,32 ± 0,36 <sup>a</sup>	8,67 ± 0,78 <sup>a</sup>	7,70 ± 0,36 <sup>a</sup>	8,17 ± 0,53 <sup>a</sup>	0,5856
<b>C 18:0</b>	4,02 ± 0,50 <sup>a</sup>	3,77 ± 0,41 <sup>a</sup>	3,78 ± 0,52 <sup>a</sup>	3,86 ± 0,17 <sup>a</sup>	4,22 ± 0,37 <sup>a</sup>	3,75 ± 0,17 <sup>a</sup>	3,76 ± 0,25 <sup>a</sup>	0,5042
<b>C 18:1</b>	34,60 ± 0,80 <sup>a</sup>	34,92 ± 1,02 <sup>a</sup>	34,32 ± 3,62 <sup>a</sup>	35,24 ± 0,64 <sup>a</sup>	36,19 ± 0,92 <sup>a</sup>	35,21 ± 0,82 <sup>a</sup>	35,49 ± 1,15 <sup>a</sup>	0,7402
<b>C 18:1<i>tr</i></b>	0,38 ± 0,18 <sup>a</sup>	0,03 ± 0,06 <sup>bc</sup>	0,21 ± 0,23 <sup>ab</sup>	0,11 ± 0,14 <sup>bc</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>c</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>c</sup>	0,04 ± 0,08 <sup>bc</sup>	0,0026
<b>C 18:2</b>	52,27 ± 1,22 <sup>a</sup>	52,97 ± 0,77 <sup>a</sup>	53,61 ± 5,04 <sup>a</sup>	52,20 ± 1,10 <sup>a</sup>	50,62 ± 0,71 <sup>a</sup>	53,07 ± 1,29 <sup>a</sup>	52,33 ± 0,33 <sup>a</sup>	0,5658
<b>C 20:0</b>	0,29 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,28 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,30 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,4779
<b>NMK</b>	12,75 ± 1,58 <sup>a</sup>	12,08 ± 1,40 <sup>a</sup>	11,85 ± 1,61 <sup>a</sup>	12,46 ± 0,53 <sup>a</sup>	13,18 ± 1,18 <sup>a</sup>	11,72 ± 0,54 <sup>a</sup>	12,14 ± 0,92 <sup>a</sup>	0,6083
<b>EnMK</b>	34,60 ± 0,80 <sup>a</sup>	34,92 ± 1,02 <sup>a</sup>	34,32 ± 3,62 <sup>a</sup>	35,24 ± 0,64 <sup>a</sup>	36,19 ± 0,92 <sup>a</sup>	35,21 ± 0,82 <sup>a</sup>	35,49 ± 1,15 <sup>a</sup>	0,7402
<b>VnMK</b>	52,27 ± 1,22 <sup>a</sup>	52,97 ± 0,77 <sup>a</sup>	53,61 ± 5,04 <sup>a</sup>	52,20 ± 1,10 <sup>a</sup>	50,62 ± 0,71 <sup>a</sup>	53,07 ± 1,29 <sup>a</sup>	52,33 ± 0,33 <sup>a</sup>	0,5658
<b>N6</b>	52,27 ± 1,22 <sup>a</sup>	52,97 ± 0,77 <sup>a</sup>	53,61 ± 5,04 <sup>a</sup>	52,20 ± 1,10 <sup>a</sup>	50,62 ± 0,71 <sup>a</sup>	53,07 ± 1,29 <sup>a</sup>	52,33 ± 0,33 <sup>a</sup>	0,5658

$p \leq 0,001$  statistično zelo visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,01$  statistično visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,05$  statistično značilen vpliv;

$p > 0,05$  statistično neznačilen vpliv;

*a, b, c* vrednosti označene z enako črko v indeksu se med seboj ne razlikujejo značilno (Duncanov test  $\alpha = 0,05$ ).

Preglednica 21: Maščobno kislinska sestava krompirčka (g/100g MK) ocvrtega v sončničnem olju glede na dodan antioksidant po 120 urah segrevanja sončničnega olja

Maščobna kislina (g/100 g MK)	Antioksidant							p vrednost
	K	LUT (0,1 g/L)	LUT (0,2 g/L)	LUT (0,5 g/L)	ROZ (2 g/L)	ROZ (4 g/L)	ROZ (10 g/L)	
C 16:0	10,07 ± 0,66 <sup>bc</sup>	9,34 ± 0,48 <sup>c</sup>	9,66 ± 0,59 <sup>bc</sup>	9,05 ± 0,54 <sup>c</sup>	10,55 ± 0,53 <sup>b</sup>	9,73 ± 0,15 <sup>bc</sup>	11,68 ± 1,35 <sup>a</sup>	0,0007
C 18:0	4,60 ± 0,27 <sup>bc</sup>	4,53 ± 0,22 <sup>bc</sup>	4,56 ± 0,25 <sup>bc</sup>	4,30 ± 0,26 <sup>c</sup>	4,91 ± 0,25 <sup>ab</sup>	4,41 ± 0,09 <sup>bc</sup>	5,24 ± 0,72 <sup>a</sup>	0,0163
C 18:1	41,03 ± 2,21 <sup>ab</sup>	36,73 ± 0,87 <sup>c</sup>	40,08 ± 2,42 <sup>ab</sup>	38,65 ± 2,82 <sup>bc</sup>	41,97 ± 1,35 <sup>a</sup>	38,43 ± 0,42 <sup>bc</sup>	40,55 ± 0,70 <sup>ab</sup>	0,0070
C 18:1 t	0,10 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,37 ± 0,43 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,35 ± 0,34 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,43 ± 0,49 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,41 <sup>a</sup>	0,3439
C 18:2	44,12 ± 3,23 <sup>bcd</sup>	48,31 ± 0,55 <sup>a</sup>	45,70 ± 3,21 <sup>abc</sup>	47,13 ± 2,45 <sup>ab</sup>	42,49 ± 0,54 <sup>cd</sup>	47,00 ± 0,83 <sup>ab</sup>	42,13 ± 1,98 <sup>d</sup>	0,0023
C 20:0	0,08 ± 0,16 <sup>bc</sup>	0,33 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>c</sup>	0,23 ± 0,16 <sup>ab</sup>	0,09 ± 0,18 <sup>bc</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>c</sup>	0,20 ± 0,23 <sup>abc</sup>	0,0240
NMK	14,75 ± 0,97 <sup>bc</sup>	14,20 ± 0,71 <sup>bc</sup>	14,22 ± 0,85 <sup>bc</sup>	13,58 ± 0,85 <sup>c</sup>	15,54 ± 0,85 <sup>ab</sup>	14,14 ± 0,22 <sup>bc</sup>	17,12 ± 2,30 <sup>a</sup>	0,0047
EnMK	41,03 ± 2,21 <sup>ab</sup>	36,73 ± 0,87 <sup>c</sup>	40,08 ± 2,42 <sup>ab</sup>	38,65 ± 2,82 <sup>bc</sup>	41,97 ± 1,35 <sup>a</sup>	38,43 ± 0,42 <sup>bc</sup>	40,55 ± 0,70 <sup>ab</sup>	0,0070
VnMK	44,12 ± 3,23 <sup>bcd</sup>	48,31 ± 0,55 <sup>a</sup>	45,70 ± 3,21 <sup>abc</sup>	47,13 ± 2,45 <sup>ab</sup>	42,49 ± 0,54 <sup>cd</sup>	47,00 ± 0,83 <sup>ab</sup>	42,13 ± 1,98 <sup>d</sup>	0,0023
N6	44,12 ± 3,23 <sup>bcd</sup>	48,31 ± 0,55 <sup>a</sup>	45,70 ± 3,21 <sup>abc</sup>	47,13 ± 2,45 <sup>ab</sup>	42,49 ± 0,54 <sup>cd</sup>	47,00 ± 0,83 <sup>ab</sup>	42,13 ± 1,98 <sup>d</sup>	0,0023

$p \leq 0,001$  statistično zelo visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,01$  statistično visoko značilen vpliv;

$p \leq 0,05$  statistično značilen vpliv;

$p > 0,05$  statistično neznačilen vpliv;

a, b, c vrednosti označene z enako črko v indeksu se med seboj ne razlikujejo značilno (Duncanov test  $\alpha = 0,05$ ).

Preglednice 19 do 21 prikazujejo vpliv določene koncentracije antioksidanta na vsebnost maščobnih kislin. Ugotovimo, da dodatek antioksidanta večinoma statistično ne vpliva na vsebnosti maščobnih kislin.

V preglednici 19 lahko primerjamo vpliv dodatka antioksidantov na vsebnost maščobnih kislin pred začetkom segrevanja olja. Delež nasičenih maščobnih kislin se z naraščanjem koncentracije luteina in rožmarina ne spreminja značilno. Pri luteinu se delež zmanjša iz  $11,30 \pm 0,60$  na  $10,50 \pm 0,37$  g/100 g MK, pri rožmarinu pa se delež spremeni iz  $11,33 \pm 0,30$  na  $11,43 \pm 0,27$  g /100 g MK. Ugotavljamo tudi, da je vsebnost manjša pri najvišji koncentraciji luteina kot pri ekstraktu rožmarina (torej je lutein bolj učinkovit kot ekstrakt rožmarina). Delež oleinske kisline se s povečanjem koncentracije antioksidantov ne spremeni značilno, in sicer se pri luteinu zmanjša iz  $33,70 \pm 0,92$  g/100 g MK na vrednost  $32,66 \pm 1,40$  g/100 g MK, medtem ko se pri ekstraktu rožmarina zmanjša iz vrednosti  $33,41 \pm 1,18$  na  $32,63 \pm 0,36$  g/100 g MK, spremembe so v obeh primerih neznačilne. Ugotavljamo pa, da dodatek katerega koli antioksidanta značilno zmanjša delež oleinske kisline. Pri linolni kislini lahko glede na rezultate tudi povzamemo, da koncentracija antioksidantov nima vpliva na njeno vsebnost, opazili smo le značilno najmanjši delež te MK v kontrolnem vzorcu. Vsebnost *trans* izomere oleinske kisline se tudi ne spreminja statistično značilno, in sicer se pri naraščanju koncentracije luteina delež elaidinske kisline poveča iz  $0,00 \pm 0,00$  na  $0,23 \pm 0,38$  g/100 g MK (v primerjavi s kontrolo so deleži nižji). Pri naraščanju koncentracije ekstrakta rožmarina pa se delež elaidinske kisline zmanjša iz  $0,51 \pm 0,35$  na  $0,29 \pm 0,23$  g/100 g MK. Tudi iz preglednic 20 in 21 lahko povzamemo podobne zaključke, kot iz preglednice 19, in sicer statistično neznačilno spreminjanje vrednosti NMK, oleinske kisline, linolne kisline in *trans* izomere oleinske kisline, z naraščanjem koncentracije luteina in rožmarina. V preglednici 21 (krompirček ocvrt po 120 urah segrevanja sončničnega olja) pri skupnih nasičenih maščobah in linolni kislini, vidimo da pri najvišji koncentraciji antioksidanta, lutein bolje učinkuje kot ekstrakt rožmarina. Pri najvišji koncentraciji luteina je delež NMK  $13,58 \pm 0,85$  g/100 g MK, medtem ko je pri najvišji koncentraciji ekstrakta rožmarina vsebnost skupnih nasičenih maščobnih kislin  $17,12$  g/100 g MK. Delež linolne kisline pa je pri najvišji koncentraciji luteina višji ( $47,13$  g/100 g MK) kot pri najvišji koncentraciji ekstrakta rožmarina ( $42,13 \pm 1,98$  g/100 g MK).

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

V diplomskem delu smo preučevali vpliv časa segrevanja sončničnega olja in dodatek naravnih antioksidantov, lutein ter ekstrakt rožmarina, na maščobno kislinsko sestavo ocvrtega krompirčka s poudarkom na vsebnosti *trans* maščobnih kislin. Krompirček se je cvrl v sončničnem olju, ki smo mu dodali antioksidanta v različnih koncentracijah, in sicer lutein v koncentraciji 0,1 g/L, 0,2 g/L in 0,5 g/L, ter ekstrakt rožmarina v koncentraciji 2 g/L, 4 g/L in 10 g/L. Poleg maščobno kislinske sestave ocvrtega krompirčka, nas je zanimala njegova vsebnost maščobe in vpliv svežega oziroma rabljenega olja na vsebnost maščobe. Cilj diplomske naloge je bil preučiti vpliv segrevanja olja za 120 ur na *trans* maščobne kislinske in na maščobno kislinsko sestavo ocvrtega krompirčka, vpliv dodatka naravnih antioksidantov na nastajanje *trans* maščobnih kislin ter vpliv časa segrevanja olja in števila cvrenj na vsebnost maščob v vzorcih ocvrtega krompirčka. Pri določevanju maščobnih kislin v živilu je priprava vzorca velikega pomena. V naših raziskavi nismo ekstrahirali maščobe iz živila (saj ima ocvrt krompirček velik delež maščobe), vendar če bi to storili bi najverjetneje dobili natančnejše rezultate.

Kot prvo smo opazovali vpliv časa segrevanja sončničnega olja na maščobnokislinsko sestavo ocvrtega krompirčka. Prišli smo do zaključkov, da se s časom segrevanja olja, v katerem je bil ocvrt krompirček, vsebnost *trans* maščobnih kislin ne spreminja statistično značilno. Glede na zaključek naše raziskave lahko torej ovržemo našo hipotezo, kjer smo predvidevali, da se *trans* maščobne kisline s časom povečujejo. S časom se zvišuje vsebnost oleinske kisline (enkrat nenasičene maščobne kisline) in vsebnost nasičenih maščobnih kislin, medtem ko se delež linolne kisline (predstavnica večkrat nenasičenih maščobnih kislin) zmanjšuje. Zmanjševanje linolne kisline je posledica oksidacije, razgradnje in delno tudi izomerizacije. Vsebnost linolne kisline se npr. pri kontrolnem vzorcu brez dodanega antioksidanta v olje za cvrenje, zmanjša iz  $52,19 \pm 2,49$  na  $44,12 \pm 3,23$  g/100 g MK ( $p = 0,0042$ ). Vsebnost *trans* izomere oleinske kisline pa se statistično neznačilno zmanjša iz  $0,41 \pm 0,59$  na vrednost  $0,10 \pm 0,20$  g/100 g ( $p = 0,3212$ ), oleinska kislina se poveča iz  $36,21 \pm 2,50$  na  $41,03 \pm 2,21$  g/100 g MK ( $p = 0,0041$ ), NMK pa se povečajo iz  $11,18 \pm 0,59$  g/100 g MK na  $14,75 \pm 0,97$  g/100 g MK ( $p = 0,0295$ ). Statistično ima čas zelo velik vpliv na vse maščobne kisline z izjemo *trans* maščobne kisline, kjer je vpliv statistično neznačilen (to lahko pripišemo veliki variabilnosti rezultatov paralelk, vrsti maščobe za cvrenje, sorti krompirja, temperaturi cvrenja, velikosti in lastnosti cvrtnika).

S časom segrevanja olja, v katerem je bil ocvrt krompirček, se torej *trans* maščobne kisline ne spreminjajo značilno, medtem ko se zaradi zmanjšanja linolne kisline delež oleinske kisline in NMK povečuje.

Tudi Aro in sod. (1998), ki so določali vsebnosti *trans* maščobnih kislin v ocvrtem krompirčku v štirinajstih Evropskih državah, so prišli do zelo različnih rezultatov. Komentirali so, da je delež *trans* maščobnih kislin predvsem odvisen od vrste maščobe za cvrenje, in sicer ali je to delno hidrogenirano rastlinsko olje, živalska

mast ali pa nehidrogenirano olje. Mi smo v raziskavi uporabili nehidrogenirano sončnično olje, zato so rezultati vsebnosti *trans* maščobnih kislin tako nizki. Glede na njihove rezultate lahko komentiramo, da se ugotovitve pri nekaterih državah ujemajo z našimi ugotovitvami. Čeprav doprinese hidrogeniranje olj več *trans* maščobnih kislin, se še vedno veliko uporablja zaradi boljših tehnoloških lastnosti.

Tudi Stender in sod. (2006) so preučevali vsebnost *trans* maščobnih kislin v ocvrtem krompirčku. Naši rezultati so primerljivi z rezultati ocvrtega krompirčka verig hitre prehrane iz Kitajske, Indije, Nemčije in Danske.

Če primerjamo rezultate *trans* maščobnih kislin krompirčka z rezultati raziskav, ki sta jih opravila Potočnik (2011) in Filip (2010) na segrevanju sončničnega olja, ugotovimo, da so rezultati enake analize (frakcioniranje z Ag-Ion SPE) opravljene na sončničnem olju večji kot je vsebnost *trans* maščobnih kislin v ocvrtem krompirčku. Tudi pri ostalih maščobnih kislinah pride do razlik, in sicer velja da se ne absorbirajo na izdelek v enakih razmerjih, kot so prisotne v olju. Delež oleinske kisline se s časom segrevanja olja v ocvrtem krompirčku povečuje, medtem ko se v sončničnem olju ne spremeni statistično značilno. Enako velja za palmitinsko in stearinsko kislino. Delež linolne kisline se v ocvrtem krompirčku zmanjšuje, pri sončničnem olju pa ni statističnih razlik s segrevanjem. Linolna kislina predstavlja pri krompirčku, ocvrtem v svežem olju, večji delež ( $52,19 \pm 2,49$  g/100 g MK) kot v svežem sončničnem olju ( $45,31 \pm 3,74$  g/100 g MK). Delež palmitinske kisline v svežem olju je  $9,12 \pm 0,45$  g/100 g MK, pri krompirčku pa  $7,24 \pm 0,23$  g/100 g MK, medtem ko je delež stearinske kisline v svežem olju  $5,20 \pm 0,23$  g/100 g MK in pri krompirčku  $3,69 \pm 0,35$  g/100 g MK. Pri oleinski kislini pa so si vsebnosti v svežem olju dokaj podobne, in sicer v krompirčku je njena vsebnost  $36,21 \pm 2,50$  g/100 g MK, v olju pa  $36,79 \pm 2,36$  g/100 g MK. Delež elaidinske kisline je v sončničnem olju večji ( $0,84 \pm 0,03$  g/100 g MK) kot v ocvrtem krompirčku ( $0,42 \pm 0,59$  g/100 g MK)(preglednica 22).

Preglednica 22: Primerjava vsebnosti nekaterih maščobnih kislin (g/100 g MK) v sončničnem olju (Potočnik, 2011) in ocvrtem krompirčku pri kontrolnem vzorcu (brez dodatka antioksidanta)

maščobne kisline (g/100 g MK)	sončnično olje			ocvrt krompirček		
	sveže olje	segrevano 48 ur	segrevano 120 ur	ocvrt v svežem olju	ocvrt po 48 urah segrevanja	ocvrt po 120 urah segrevanja
C 16:0	9,12 ± 0,45	9,03 ± 0,32	9,48 ± 0,21	7,24 ± 0,23	8,43 ± 1,05	10,07 ± 0,66
C 18:0	5,20 ± 0,23	5,01 ± 0,15	5,17 ± 0,09	3,69 ± 0,35	4,02 ± 0,50	4,60 ± 0,27
C 18:1	36,79 ± 2,36	32,24 ± 7,33	34,41 ± 3,26	36,21 ± 2,50	34,60 ± 0,80	41,03 ± 2,21
C 18:1t	0,84 ± 0,03	1,38 ± 0,03	1,82 ± 0,03	0,42 ± 0,59	0,38 ± 0,18	0,10 ± 0,20
C 18:2	45,31 ± 3,74	49,27 ± 1,52	46,29 ± 0,65	52,19 ± 2,49	52,27 ± 1,22	44,12 ± 3,23

Naše ugotovitve o različni maščobnokislinski sestavi živila in olja potrjujejo tudi Pedreschi in sod. (2008), ki razlagajo, da cvrenje živil v olju prinaša določene interakcije med oljem in živilom. Ta medsebojna delovanja so lahko različna, in so odvisna predvsem od maščobe za cvrenje in ocvrtega živila. V olju se raztapljajo sestavine iz živil, po drugi strani pa se olje absorbira v živilo, zato ne moremo primerjati med seboj maščobe za cvrenje in ocvrtega živila. Tudi Pokorny in Reblova (1999) razlagata, da krompir vsebuje antioksidativne komponente, ki lahko inhibirajo oksidacijo olja za cvrenje. Pri oksidativni stabilnosti olj sodelujejo fenolne (klorogenske, kavne, kumarinske in ferulne kisline), tokoferoli, karotenoidi in druge substance krompirja. Antioksidativna aktivnost je dosežena s sinergističnim delovanjem fenolnih substanc z aminokislinami v krompirju. Po drugi strani pa težke kovine, klorofili in drugi prooksidanti prehajajo v maščobo in pospešujejo njihovo oksidacijo.

Poleg vpliva segrevanja olja smo preučevali vpliv dodatka antioksidantov, kjer smo skušali dokazati njihov vpliv na zmanjšanje *trans* maščobnih kislin. *Trans* maščobne kisline se teoretično povečujejo s povišanjem temperature olja, časom izpostavljanja visokim temperaturam, ter z izpostavljenostjo zraku in svetlobi. Zato smo z dodatkom antioksidantov skušali zavirati nastanek elaidinske kisline, saj antioksidanti delujejo kot lovilci prostega kisika in zavirajo nastanek kisikovih radikalov. S povečevanjem koncentracije antioksidantov se v naši raziskavi delež *trans* izomere oleinske kisline ni statistično spreminjal. Torej lahko zaključimo, da dodatek antioksidantov ne vpliva na spreminjanje elaidinske kisline in tako ovrzemo našo hipotezo.

Dokazali smo tudi, da je lutein bolj učinkovit kot ekstrakt rožmarina. To lahko najbolje vidimo pri krompirčku ocvrtemu po 120 urah segrevanja olja (preglednica 21) pri skupnih nasičenih maščobah (vsebnost pri najvišji koncentraciji luteina je manjša kot pri najvišji koncentraciji rožmarina) in pri linolni kislini (vsebnost pri

luteinu je večja kot pri ekstraktu rožmarina). Antioksidantov pa ne smemo dodajati v prevelikih količinah, ker lahko pride do prooksidativnega učinka (zmanjšanje antioksidantnega učinka), obarvanja ocvrtega živila (lutein lahko v prevelikih količinah živilo obarva oranžno), ali pa do prekritja arome živila (ekstrakt rožmarina).

Problem, ki se pojavi ob uspešnem zmanjševanju deleža *trans* maščobnih kislin v živilih, je hkratio povečevanje deleža nasičenih maščobnih kislin. Zdravstvene oz. prehranske trditve (brez *trans* maščobnih kislin, brez holesterola) lahko privedejo do povečanja porabe tovrstnih živil in s tem do povečanja vnosa nasičenih maščobnih kislin, ki so dokazano prav tako zdravju škodljive (Filip, 2010).

Katan (2006) je v svoji raziskavi preučeval spreminjanje vsebnosti *trans* maščobnih kislin skozi leta na Nizozemskem in Ameriki. Delež *trans* maščobnih kislin v oljih za cvrenje in v produktih cvrenja so na Nizozemskem uspešno zmanjšali, vendar so ugotovili, da *trans* maščobne kisline izvirajo še iz dveh skupin živil. Prva skupina so pekarski izdelki, druga pa mleko in mlečni izdelki ter meso.

Spremljali smo tudi vpliv časa segrevanja sončničnega olja in števila cvrenj na vsebnost maščobe v ocvrtem krompirčku. Ugotovili smo, da je količina absorbirane maščobe v ocvrtih živilih naraščala vzporedno s številom cvrenj oz. s poslabšanjem kakovosti sončničnega olja, kar potrjuje našo hipotezo. Ocvrt krompirček je vseboval povprečno 20,22 % maščob, kar je primerljivo z vsebnostjo, ki so jo določili Romero in sod. (2000). Vzrok različne vsebnosti maščobe v živilih je lahko različna priprava živil, različna količina živila, različen čas priprave ter različna površina živila.

Tudi Skvarča (1996) je povečanje absorpcije maščob potrdila v njeni raziskavi na ocvrtem krompirčku, paniranih medaljonih in krofih. Ugotovila je, da je vpijanje maščobe najbolj izrazito v vzorcih predpripravljenega krompirčka (blanširan, delno ocvrt in zmrznjen). Od prvega do dvajsetega cvrenja v sončničnem olju se je delež absorbirane maščobe povečal za 3,1%, kar je primerljivo z našo analizo.



## 5.2 SKLEPI

- vsebnost maščobe v ocvrtem krompirčku se s številom cvrenj in časom segrevanja olja povečuje,
- 120-urno segrevanje sončničnega olja ne vpliva na povečanje *trans* izomere oleinske kisline v ocvrtem krompirčku,
- 120-urno segrevanje olja vpliva na spreminjanje ostalih maščobnih kislin. Deleži palmitinske, stearinske in oleinske kisline se s segrevanjem olja povečujejo, medtem ko se delež linolne kisline zmanjšuje,
- dodatek antioksidantov v sončnično olje ne vpliva značilno na sintezo *trans* izomere oleinske kisline v ocvrtem krompirčku,
- s povečevanjem koncentracije antioksidant v olju se delež *trans* izomere oleinske kisline v ocvrtem krompirčku ne spreminja statistično značilno,
- delež *trans* maščobne kisline (g/100 g MK) v ocvrtem krompirčku je nižja kot v pripadajočem uporabljenem olju,
- deleži ostalih maščobnih kislin (g/100 g MK) ocvrtega krompirčka v primerjavi s sončničnim oljem so prav tako različni.

## 6 POVZETEK

Cvrenje je, kljub nekaterim zdravstvenim pomislekom, zelo priljubljen način priprave hrane, saj je enostavno in hitro. Cvrenje uvrščamo med suhe toplotne postopke, ker poteka v okolju z nizkim parcialnim tlakom vodne pare.

*Trans* maščobne kisline (TMK), ki nastanejo med toplotno obdelavo živila (cvrenje, pečenje) so zdravju škodljive, saj povzročajo kardiovaskularne bolezni, sladkorno bolezen, debelost itd. Sinteza *trans* maščobnih kislin se povečuje s povišanjem temperature olja, časom izpostavljanja visokim temperaturam, ter z izpostavljenostjo svetlobi in zraku. Slednje je bil razlog za raziskavo, kjer smo v sončnično olje dodali antioksidante in s tem želeli vplivat na vsebnost *trans* izomere oleinske kisline v ocvrtem krompirčku.

V diplomskem delu smo preučili vpliv toplotne obdelave olja na nastanek *trans* maščobnih kislin v ocvrtem krompirčku. Poleg vpliva toplotne obdelave smo preučili vpliv dodatka naravnih antioksidantov. Dodajali smo ekstrakt rožmarina (»Inolens 4<sup>®</sup>«) in lutein (»NovaSoL<sup>®</sup> Lutein«) v različnih koncentracijah kot naravne antioksidante v vzorce sončničnega olja. Olje smo segrevali 120 ur in v njemu vsakih 24 ur ocvrli krompirček. Analizirali smo maščobno kislinsko sestavo ocvrtega krompirčka, določili vsebnost *trans* izomere oleinske kisline, določili vsebnost skupnih maščob glede na čas segrevanja olja in število cvrenj. Vsebnost maščobnih kislin (MK) smo določili s plinsko kromatografijo ob predhodni metilaciji maščobnih kislin ter ločitvi na frakcije z uporabo Ag-Ion SPE. Ločili smo na *cis* in *trans* izomere z ekstrakcijo na trdni fazi – na koloni z vezanimi srebrovimi ioni. *Trans* dvojna vez ima nižjo gostoto pi elektronov kot *cis* dvojna vez, zato Ag ioni tvorijo šibkejši kompleks s *trans* izomerami maščobnih kislin. Na tej razliki temeljijo analize metode, ki uporabljajo srebrov ion za ločevanje *cis* in *trans* izomerov. Z Ag ionom pri ločevanju na frakcije smo vplivali na zadrževanje različnih izomerov v koloni.

Iz raziskave smo ugotovili, da dodatek antioksidantov ni statistično značilno vplival na nastanek elaidinske kisline (*trans* izomere oleinske kisline). S povečevanjem koncentracije antioksidanta in s časom segrevanja olja (v katerem smo ocvrli krompirček) se je delež *trans* izomere oleinske kisline spreminjal statistično neznačilno. Povečal se je delež NMK in delež oleinske kisline, medtem ko se je delež linolne kisline znižal. Dodatek antioksidanta lutein je imel večji vpliv na zmanjšanje NMK in povečanje linolne kisline kot ekstrakt rožmarina. Delež *trans* maščobne kisline v ocvrtem krompirčku je bil nižji kot v uporabljenem olju, deleži ostalih maščobnih kislin ocvrtega krompirčka v primerjavi z sončničnim oljem pa so bili prav tako različni. Vsebnost maščobe, ki smo ga določili v ocvrtem krompirčku pa se je s časom in številom cvrenj povečal.

Obstaja tudi tveganje, da bo s trendom zmanjševanja vsebnosti *trans* maščobnih kislin na policah trgovin vse več izdelkov z zdravstvenimi oz. prehranskimi trditvami kot so »brez *trans* maščobnih kislin« in »brez holesterola«, ki napeljujejo kupca k nakupu izdelka. Potrošnika je potrebno obvestiti, da ob nakupu takega izdelka lahko še vedno zaužije veliko nasičenih maščobnih kislin, ki so prav tako zdravju škodljive. Izredno pomembno je, da maščob ne uživamo v prevelikih količinah, in da

zamenjujemo »slabe« maščobe z »dobrimi«, zato je naloga države, da potrošnike osvešča o pravilnem načinu prehranjevanja z uravnoteženo prehrano, naloga stroke pa je, da pridobi čimveč informacij o škodljivih in zdravilnih učinkih določenih hranil in odkriva novosti na tem področju.

## 7 VIRI

- Ackman G.R., Mag K.T. 1998. *Trans* fatty acids and the potential for less in technical products. V: *Trans* fatty acids in human nutrition. Sebedio J.L., Christie W.W. (eds.). Dundee, The Oil Press: 35-58
- AOAC Official Method 966.06. Fat (total, saturated and monosaturated in foods). 1999. V: Official methods of analysis of AOAC International. Vol. 2. Cunniff P. (ed.). 16<sup>th</sup> ed. Gaithersburg, AOAC International, Chapter 41: 18-19
- Aro A., Amaral E., Kesteloot H., Rimestad A., Thamm M., Poppel G. 1998. *Trans* fatty acids in french fries, soups and snacks from 14 European countries: The transfair study. *Journal of Food Composition and Analysis*, 11: 170-177
- Aurand L. W., Woods A. E. 1973. Food chemistry. Westport, Connecticut, The Avi Publishing Company, Inc.: 363 str.
- Beckett S.T. 1995. Physico-chemical aspects of food processing. London, Chapman & Hall: 219-221
- Bradshaw J. E., Ramsay G. 2009. Potato origin and production. V: Advances in potato chemistry and technology. Singh J., Kaur L. (eds.). Amsterdam, Academic Press: 1-26
- Ceirwyn S. J. 1995. Analytical chemistry of foods. London, Blackie Academic & Professional: 5.19-5.19
- Che Man Y., Jaswir I. 2000. Effect of rosemary and sage extracts on frying performance of refined, bleached and deodorized (RBD) palm olein during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 69: 301-307
- Chi-Tang H., Qinyun C., Ruibao Z. 1996. Flavour compounds in fats and oils. V: Bailey's industrial oil and fat products. 5<sup>th</sup> ed. Vol. 1. Hui Y. H. (ed.). New York, John Wiley & Sons, Inc.: 83-104
- Chopra H.K., Panesar P.S. 2010. Food chemistry. Oxford, Alpha Science: 569 str.
- Coppen P.P. 1994. The use of antioxidants. V: Rancidity in foods. 3<sup>rd</sup> ed. Allen J. C., Hamilton R.J. (eds.). London, Blackie Academic & Professional: 84- 103
- Djordjević V. 1986. Uticaj toplotne obrade na hemijska i biološka svojstva masti. V: Toplotna obdelava živil. 9. Bitenčevi živilski dnevi, Ljubljana, 13-14. nov. 1986. Šikovec S., Bučar F., Klofutar C. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 61-71
- Filip S. 2010. Nastanek trans izomer med toplotno obdelavo živil. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 152 str.

- Filip S., Vidrih R. 2010. Trans maščobne kisline v prehrani. V: Zdrava prehrana in javno zdravje. Cvahtetovi dnevi javnega zdravja 2010, Ljubljana, oktober 2010. Hlastan Ribič C. (ur.). Ljubljana, Medicinska fakulteta, Katedra za javno zdravje: 162-175
- Feustel I. C, Kueneman R. W. 1959. Frozen french fries and other frozen potato products. V: Potato processing. Talburt W.F., Smith O. (eds.). Westport, Avi Publishing: 224-278
- Gunstone F. D. 1996. Fatty acid and lipid chemistry. London, Blackie Academic & professional: 252 str.
- Hlastan Ribič C. 2010. Zdrava prehrana kot temelj zdravja. V: Zdrava prehrana in javno zdravje. Cvahtetovi dnevi javnega zdravja 2010, Ljubljana, oktober 2010. Hlastan Ribič C. (ur.). Ljubljana, Medicinska fakulteta, Katedra za javno zdravje: 5-26
- Hren S., Martinčič V. 2002. Lastnosti jedilnega olja iz ozimne oljne ogrščice. Sodobno kmetijstvo, 35, 4: 161-165
- Kirschenbauer H.G. 1960. Fats and oils: an outline of their chemistry and technology. New York, Reinhold Publishing Corporation: 231 str.
- Kitts D. 1996. Toxicity and safety of fats and oils. V: Bailey's industrial oil and fat products. 5<sup>th</sup> ed. Vol. 1. Hui Y. H. (ed.). New York, John Wiley & Sons, Inc.: 180-215
- Klenar J., Praprotnik V. 1991. Zelenjava-užitek in zdravje. Ljubljana, TDS Forma 7: 71-71
- Klofutar C. 1992. Fizikalno kemijske lastnosti traciilglicerolov. V: Lipidi. 14. Bitenčevi živilski dnevi '92, Ljubljana, 4.-5. Jun.1992. Klofutar C., Žlender B., Hribar J, Plestenjak A. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 11-16
- Knez Ž. 2008. Separacijski procesi in produktna tehnika: poročilo o rezultatih raziskovalnega programa za obdobje 2004-2008. Maribor, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: 18 str.
- Korošec L. 2000. Prosti radikali in vloga antioksidantov v bioloških sistemih. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. In 27. Oktober 2000. Gašperlin L., Žlender B. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 11-21
- Kreft I., Škrabanja V., Bonafaccia G. 2000. Temelji prehranskih in biotskih vplivov antioksidantov. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. In 27. Oktober 2000. Gašperlin L., Žlender B. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 33-37

- Krečič Stres H. 2008. Osnove živilske kemije. Ljubljana, Biotehniški izobraževalni center: 69 str.  
[http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti\\_dokumenti/Osnove\\_zivilske\\_kemije-Krecic\\_Stres\\_NU.pdf](http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Osnove_zivilske_kemije-Krecic_Stres_NU.pdf) (junij 2011)
- Kueneman R. W. 1959. Dehydrated diced potatoes. V: Potato processing. Talburt W.F., Smith O. (eds.). Westport, Avi Publishing: 345-373
- Li T., Zhang W., Lee Z.R, Zhong Q. 2009. Nickel-boron alloy catalysts reduce the formation of *trans* fatty acids in hydrogenated soybean oil. Food Chemistry, 114: 447-452
- Nussdorfer N. 1991. V kraljestvu začimb. Portorož, Droga: 108-109
- Pedreschi F., Cocio C., Moyano P., Troncoso E. 2008. Oil distribution in potato slices during frying. Journal of Food Engineering, 87: 200-212
- Pokorny J., Reblova Z. 1999. Effect of food components on changes in frying oil. Food Technology and Biotechnology, 37, 2: 139-143
- Potočnik T. 2010. Vpliv dodatka naravnih antioksidantov na tvorbo *trans* maščobnih kislin med toplotno obdelavo sončničnega olja. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 63 str.
- Raspor P., Kovač B., Batič M., Berglez D. 2000. Bioproceni pridobivanja antioksidantov. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. in 27. Oktober 2000. Gašperlin L., Žlender B. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 179-191
- Referenčne vrednosti za vnos hranil. 2004. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije: 215 str.
- Richards M.P. 2006. Lipid chemistry and biochemistry. V: Handbook of food science, technology and engineering. Vol.1. Hui Y.H., Manley C.H., Nip W.K. (eds.). Boca Raton, CRC Press: 8.1-8.17
- Richheimer S.L., Bernart M. W., King G. A., Kent M. C., Bailey D. T. 1996. Antioxidant activity of lipid-soluble phenolic diterpens from rosemary. Journal of the American Oil Chemists' Society, 73, 4: 507-514
- Robinson E.J., Singh R., Kays E.S. 2008. Evaluation of an automated hydrolysis and extraction method for quantification of total fat, lipid classes and *trans* fat in cereal products. Food Chemistry, 107: 1144-1150
- Romero A., Cuestab C., Sanchez-Muniz F. J. 2000. *Trans* fatty acid production in deep fat frying of frozen foods with different oils and frying modalities. Nutrition Research, 20, 4: 599-608

- Sadler M. J. 2005 *Trans* fatty acids. V: Encyclopedia of human nutrition. Vol. 4. 2<sup>nd</sup> ed. Caballero B., Allen L., Prentice A. (eds.). Amsterdam, Elsevier/Academic Press: 230-236
- Salobir K. 2001. Prehransko fiziološka funkcionalnost maščob. V: Funkcionalna hrana. 21. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 8. in 9. nov. 2001. Gašperlin L., Žlender B. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 121-137
- Salobir K. 2000. Antioksidanti v živilih – vpliv na zdravje. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. in 27. Oktober 2000. Gašperlin L., Žlender B. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 287-294
- Skvarča M. 1996. Absorbicija različnih maščob med cvrenjem živil. V: Tehnologija, hrana, zdravje. Knjiga del. 1. slovenski kongres o hrani in prehrani z mednarodno udeležbo. Bled, 21.-25. april 1996. Vol 2. Raspor P., Pitako D., Hočevar I. (ur.). Ljubljana, Društvo živilskih in prehranskih strokovnih delavcev Slovenije: 1000-1004
- Skvarča M. 2000. Učinek antioksidantov na kakovost maščob. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. in 27. Oktober 2000. Gašperlin L., Žlender B. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 179-191
- Skvarča M., Žlender B. 1997. Vpliv sestave rastlinskih olj na njihovo termostabilnost. V: Tehnologija, hrana, zdravje. Knjiga del. 1. slovenski kongres o hrani in prehrani z mednarodno udeležbo. Bled, 21.-25. april 1996. Raspor P., Pitako D., Hočevar I. (ur.). Ljubljana, Društvo živilskih in prehranskih strokovnih delavcev Slovenije: 959-968
- Souci W. S., Fachmann W., Kraut H. 2008. Food composition and nutrition tables. 7th revised and completed ed. Stuttgart, Medpharm Scientific Publishers: 1364 str.
- Stender S., Dyerberg J., Bysted A. Leth T., Astrup A. 2006. A *trans* world journey. Atherosclerosis Supplements, 7: 47-52
- Supelco. 2006. Discovery<sup>®</sup> Ag-Ion SPE for FAME fractionation and *cis/trans* separation: Technical report. Bellefonte, Supelco: 2 str: [http://www.sigmaaldrich.com/etc/medialib/docs/Supelco/The\\_Reporter/t206002\\_pg12.Par.0001.File.tmp/t206002\\_pg12.pdf](http://www.sigmaaldrich.com/etc/medialib/docs/Supelco/The_Reporter/t206002_pg12.Par.0001.File.tmp/t206002_pg12.pdf) (julij 2011)
- Varela G., Bender A.E., Morton I.D. 1988. Frying of food: principles, changes, new approaches. Cambridge, Chichester Ellis Horwood: 202 str.
- Vidmar L., Oštrič-Matijašević B. 1992. Termooksidativne spremembe olja med cvrenjem. V: Lipidi. 14. Bitenčevi dnevi '92, Ljubljana, 4-5. jun. 1992.

Klofutar C., Žlender B., Hribar J, Plestenjak A. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 46-54

Zelenik-Blatnik M. 1992. Kemične spremembe triacilglicerolov v živilih. V: Lipidi. 14. Bitenčevi živilski dnevi '92, Ljubljana, 4-5. jun. 1992. Klofutar C., Žlender B., Hribar J, Plestenjak A. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 17-27

Žlender B, Skvarča M. 2008. Tehnologija gotovih jedi. Zbirka vaj za predmet. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 39 str.

Žnidaršič D., Vidrih R. 2009. Vsebnost esencialnih maščobnih kislin v zelju (*Brassica oleracea* L.). *Acta agriculturae Slovenica*, 93,2: 225-230



## **ZAHVALA**

Za strokovno pomoč in pregled diplomske naloge se zahvaljujem mentorju prof. dr. Rajku Vidrihu in recenzentki prof. dr. Lei Gašperlin.

Zahvaljujem se tudi vsem ostalim sodelavcem Katedre za tehnologije, prehrano in vino, ter Katedre za tehnologijo mesa in vrednotenje živil, ki so pripomogli k diplomski nalogi.

Za pomoč se zahvaljujem tudi osebju knjižnice Oddelka za živilstvo.

Iskreno se zahvaljujem tudi moji družini, sošolcem, prijateljem in Urošu, ki so mi vsa ta leta pomagali.

## PRILOGE

Priloga A: Specifikacija proizvajalca maščobno kislinske sestave olja.

<b>Maščobno kislinska sestava</b>	
<b>C12:0</b>	do 0,1
<b>C14:0</b>	do 0,2
<b>C16:0</b>	5,6-7,9
<b>C16:1</b>	do 0,3
<b>C18:0</b>	2,7-6,5
<b>C18:1</b>	14,0-39,4
<b>C18:2</b>	48,3-74,0
<b>C18:3</b>	do 1,0
<b>C20:0</b>	do 0,4
<b>C20:1</b>	do 0,2
<b>C22:0</b>	0,5-1,3
<b>C22:1</b>	do 0,5
<b>C22:2</b>	do 0,3
<b>C24:0</b>	0,2-0,3